Verhandlungen der Physikalisch-medincinischen ...

Physikalisch-medicinische Gesellschaft, Würzburg

610.5
P538

VERHANDLUNGEN

DER

PHYSIK.-MED. GESELLSCHAFT

ZU

WÜRZBURG.

HERAUSGEGEBEN

VON DER

REDAKTIONS-KOMMISSION DER GESELLSCHAFT:

PROF. DR. O. SCHULTZE.
PROF. DR. W. WEYGANDT. PRIV.-DOZENT DR. A. GÜRBER.

NEUE FOLGE. XXXVIII. BAND.

MIT 8 TAFELN, 4 TEXTABBILDUNGEN UND 8 KURVEN.

WÜRZBURG.
A. STUBER's VERLAG (CURT KABITZSCH).
1906.

Digitized by Google

Alle Rechte vorbehalten.

Druck der Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

Digitized by Google

Inhalt des XXXVIII. Bandes.

Seite

Baum, Siegfried, Der Venenpuls (Nr. 3) 61

Contzen, Franz, Die Anatomie einiger Gramineenwurzeln des Würzburger Wellenkalks (Nr. 12) 347

Goldschmidt, M., Die Flora des Rhöngebirges V (Nr. 5) 135

Hessler, Adam, Klimatologie Würzburgs in ihrer Entwicklung (Nr. 6) . . . 155

Inagaki, C., Zur Kenntnis der Eiweisskrystallisation (Nr. 1) 1

Kraus, Gregor, Über den Nanismus unserer Wellenkalkpflanzen. Mit 1 Tafel (Nr. 4) 103

Kraus, Gregor, Vicia Orobus DC. und ihre Heterotrichie. Mit 2 Tafeln (Nr. 7) 241

Kraus, Gregor, Die Sesleria-Halde. Mit 2 Tafeln (Nr. 10) 299

Lehmann, K. B., Gedächtnisrede auf Adam Josef Kunkel (Nr. 8) 257

Steinberger, Leo, Zur medizinischen Statistik der Stadt Würzburg für die Jahre 1871—1902 (Nr. 2) 19

Stöhr, Philipp, Gedächtnisrede auf Albert von Koelliker. Mit 1 Tafel (Nr. 9) 277

Treutlein, Adolf, Über chronische Oxalsäurevergiftung an Hühnern und deren Beziehung zur Ätiologie der Beriberi. Mit 2 Tafeln (Nr. 11) 323

153814

Digitized by Google

Aus dem physiologischen Institut Würzburg.

Zur Kenntnis der Eiweisskrystallisation.

Von

Dr. med. **C. Inagaki.**

Gürber[1]) hat bei seinen Untersuchungen über die Krystallisation des Pferdeserumalbumins in 5 von 20 Sera keine Krystalle bekommen können. Da er nach Zusatz von krystallisierendem zu nicht krystallisierendem Serum Eiweisskrystalle in einer Menge erhielt, die dem Zusatz an krystallisierendem Serum entsprach, so glaubte er annehmen zu dürfen, dass das Ausbleiben der Krystallisation nicht auf einer Hemmung derselben, sondern auf einem Fehlen von krystallisierbarem Albumin beruhe.

Bei dem weiteren Verfolg dieser Beobachtungen suchte dann *Meyer*[2]) den Beweis zu erbringen, dass in der That den nicht krystallisierenden Sera ein Teil des normalen Albumingehaltes fehle.

In einigen der untersuchten nicht krystallisierenden Sera entsprach der geringere Gehalt an Albumin ziemlich genau der Menge der in krystallisierenden Sera gefundenen Eiweisskrystalle. Ferner glaubte *Meyer* Beziehungen zwischen dem Ernährungszustande der Pferde und dem Gehalt an krystallisierbarem Albumin ihrer Blutsera erkennen zu können, denn die Angaben des Schlächters über guten oder mangelhaften Zustand seiner Schlachttiere standen mit wenigen Ausnahmen derart in Beziehung zur Krystallisierbarkeit der

[1]) *Gürber*, Zur Kenntnis der Gürberschen Serumalbuminkrystalle von *Michel*, diese Verhandlungen 1895.

[2]) *Meyer*, Weitere Beiträge zur Kenntnis der Krystallisation des Serumeiweisses, Dissertation Würzburg 1896.

Digitized by Google

Sera, dass solche gut genährter Tiere gut und leicht, solche von schlecht genährten Tieren dagegen schwierig oder nicht krystallisierten.

Gürber[1]) suchte dann die Richtigkeit der Befunde *Meyers* dadurch zu bestätigen, dass er schlecht ernährte Pferde längere Zeit reichlich füttern liess, in der Erwartung von solchen Tieren schön krystallisierendes Serum zu bekommen. Das Ergebnis dieser Versuche war jedoch ein negatives.

Mit Sicherheit konnte auch durch reichlichste Fütterung kein krystallisierendes Serum erhalten werden. Ja in einem Falle, wo vor der Fütterung in dem durch Aderlass gewonnenen Serum eine schwache Krystallisation sich zeigte, waren nach der Fütterung gar keine Krystalle mehr zu bekommen. Auch lieferte ein auffällig elendes Pferd ein sehr gut krystallisierbares Serum. Durch diese Ergebnisse sind *Gürber* selbst Zweifel an der Richtigkeit seiner Vermutung entstanden, dass zwischen dem Ernährungszustand und dem Gehalt des Serums an krystallisierbaren Albumin Beziehungen bestehen.

Allerdings hat *Gürber* seine Versuche nicht derart beweiskräftig gemacht, dass er solche Beziehungen überhaupt in Abrede stellen möchte, denn das Wartepersonal der Pferde bot nicht genügende Garantie, dass die Versuchstiere das Futter auch immer in der vorgeschriebenen Menge erhielten. Die Versuche unter ausreichender Kontrolle fortsetzen zu können, dazu fehlten leider die Mittel. Immerhin schien jedoch die Thatsache sicher zu bestehen, dass ein Pferdeserum leicht krystallisierbares Albumin enthalten kann, ein anderes aber nicht. Auch diese Behauptung ist jedoch nicht ohne Widerspruch geblieben.

Krieger[2]) konnte nämlich zeigen, dass es gelingt, aus nach dem Gürberschen Verfahren nicht krystallisierbaren Sera Krystalle zu erhalten, wenn man nach Abscheidung der Globuline im Filtrat die die Krystallisation einleitende Trübung nicht durch weiteren Zusatz von Ammonsulfat, sondern durch Zusatz von geringer Menge $^1/_5$ normal Schwefelsäure hervorruft. *Krieger* hat auf diese Weise aus 17 Sera ohne jeglichen Misserfolg reichlich krystallisiertes Albumin erhalten, und er kann deshalb der Behauptung *Gürbers*, dass in vielen Pferdesera das krystallisierende Albumin fehle, nicht zustimmen.

Obwohl es nun keinem Zweifel unterliegt, dass man nach der

[1]) Nicht veröffentlichte Versuche.

[2]) *Krieger*, Über die Darstellung krystallinischer, tierischer Eiweissstoffe, Dissertation Strassburg 1899.

Digitized by Google

Kriegerschen Methode auch aus solchen Pferdesera Albuminkrystalle bekommt, bei denen die Gürbersche Methode versagt, so kann der Kriegersche Befund doch nicht als ausreichende Widerlegung der Gürberschen Anschauung angesehen werden. Denn bei den 17 Sera, die *Krieger* untersucht hat, könnte der Zufall eine wichtige Rolle gespielt haben, und ausserdem hat *Gürber* in zwei Fällen auch nach Schwefelsäurezusatz keine Albuminkrystalle erhalten. Auch *Schulz*[1]) glaubt, dass trotz dem zweifellos gewichtigen Einwand *Kriegers*, die Behauptung *Gürbers* zu Recht bestehen dürfte.

Jedenfalls war es der Mühe wert, diese Frage an einem umfangreicheren Material einer erneuten Untersuchung zu unterziehen. Das war um so mehr der Fall, als dazu noch eine weitere Modifikation der Gürberschen Methode zu Gebote stand, von der die Autoren, *Hopkin* und *Pinks*[2]), behaupten, dass durch sie die Krystallisation des Pferdeserumalbumins ausserordentlich erleichtert werde.

Diese Methode, die darin besteht, dass nach Abscheidung der Globuline zum Filtrat bis zur schwachen Trübung verdünnte Essigsäure zugesetzt, diese wieder gelöst und zuletzt durch weiteren Zusatz von Essigsäure von Neuem hervorgerufen wird, hat sich auch für die Darstellung der Eieralbuminkrystalle bestens bewährt.

40 Sera habe ich nach der Gürberschen und Kriegerschen sowie nach der Methode von *Hopkin* und *Pinks* auf die Krystallisierbarkeit ihrer Albumine in Parallelversuchen untersucht, und konnte dabei folgendes konstatieren:

15 Sera lieferten nach der Gürberschen Methode in kurzer Zeit schöne Krystalle mit wenig amorphen Abscheidungen, und waren auch durch die anderen Methoden leicht zu krystallisieren.

12 weitere Sera gaben nach der Gürberschen Methode erst nach 1—4 Wochen und meist nur in geringer Menge schlecht ausgebildete Krystalle mit starken amorphen Niederschlägen vermischt. Nach den beiden anderen Methoden dagegen erhielt ich aus diesen Sera in kurzer Zeit ziemlich reichliche und wohl ausgebildete Krystalle mit wenig amorpher Beimengung.

Ferner fand ich 12 Sera nach der Gürberschen Methode nicht krystallisierbar, wohl aber gaben diese nach den Säureverfahren geringe Mengen schlecht ausgebildeter und durch viel amorphe Massen verunreinigte Krystalle.

[1]) *Schulz*, Die Krystallisation von Eiweissstoffen und ihre Bedeutung für die Eiweisschemie, 1901.

[2]) *Hopkin* und *Pinks*, Journal of Physiologie Bd. 23, S. 130—136.

Digitized by Google

Meistens wirkte die Essigsäure günstiger als die Schwefelsäure, aber es war auch das Gegenteil zu beobachten. In einem Falle waren durch die Schwefelsäuremethode keine Krystalle zu erhalten, wohl aber durch die Essigsäuremethode.

Demnach war in all den 40 untersuchten Sera krystallisierbares Albumin enthalten, und es ist somit kaum wahrscheinlich, dass solches im Serum von Pferden, die noch zur Schlachtung zulässig sind, gänzlich fehlt. Dagegen zeigen die Versuche, dass die Mengen an krystallisierten Albumin, die die einzelnen Sera liefern, grössten Schwankungen unterworfen sind.

Es fragt sich nun, ob das auf einem verschiedenen Gehalt an krystallisierbaren Albumin beruht, oder ob es nur bedingt ist durch die verschiedene Leichtigkeit, mit der ein und derselbe Eiweisskörper sich unter verschiedenen Bedingungen krystallinisch abscheidet. Dass letzteres ein Grund sein kann für die verschiedene Ausbeute an krystallisiertem Albumin, geht schon aus den vergleichenden Versuchen mit den drei Methoden hervor, und da daraus ferner hervorgeht, dass im Pferdeserum hemmende Einflüsse auf die Abscheidung der Albuminkrystalle bestehen und durch bestimmte Massnahmen beseitigt werden können, so ist nicht ausgeschlossen, dass noch weitere Krystallisationshemmungen bestehen, die durch die angewandten Massnahmen nicht zu beseitigen sind.

Jedenfalls wäre es nach der gemachten Erfahrung ganz unzulässig aus dem geringeren Ausfall der Krystallisation ohne weiteres auf das Fehlen des betreffenden Eiweissanteils im Serum zu schliessen. Andererseits muss auch die Möglichkeit zugegeben werden, dass die geringere Ausbeute an krystallisiertem Albumin durch einen geringeren Gehalt der Sera an krystallisiertem Albumin bedingt ist. Dass der Gehalt des Pferdeserums an Albuminen sehr wechselnd sein kann, beweisen schon die Analysen *Meyers*[1]). Als Beweis für die von *Meyer* behaupteten Beziehungen zwischen dem Albumingehalt und der Krystallisierbarkeit des Pferdeserums sind aber seine Versuche der Zahl nach ungenügend.

Ich werde später Gelegenheit nehmen, auf das Bedenkliche hinzuweisen, ein an sich scheinbar Überzeugendes, jedoch nur spärliches statistisches Material zu weit gehenden Schlüssen zu verwerten. Jedenfalls schien es geboten, auch nach dieser Richtung die Untersuchungen über die Eiweisskrystallisation im Pferdeserum weiterzuführen. Vor-

[1]) *Meyer*, l. c.

Digitized by Google

erst möchte ich aber einige neue Versuche erwähnen, die die Frage entscheiden sollen, ob auch bei den Methoden von *Krieger*, *Hopkin* und *Pinks* noch ein Teil an sich krystallisierbares Albumin durch irgendwelche Einflüsse an der krystallinischen Abscheidung gehemmt werde.

In dieser Richtung lag vor allem nahe, auch die Wirkung anderer Säuren, als der Essigsäure und Schwefelsäure, auf die Krystallisation zu untersuchen. Es kamen Salzsäure, Salpetersäure, Oxalsäure, Ameisensäure, Weinsäure zur Anwendung, und zwar bei Sera, die nach dem Gürberschen Verfahren nicht krystallisierbar waren, und nach den anderen beiden Methoden nur geringe krystallinische Abscheidungen gaben.

Dabei zeigte es sich, dass alle zur Anwendung gelangten Säuren die Krystallisation auslösten, aber nicht mehr, sondern meistens weniger Krystalle lieferten als Essigsäure oder Schwefelsäure. Die Hebung einer vermuteten Krystallisationshemmung war demnach durch diese Massnahmen nicht erreicht worden.

Ferner war auch durch wiederholtes Lösen und Fällen der amorphen Niederschläge eine Krystallisation nicht zu erreichen. Auch habe ich die nach der Gürberschen Methode nicht krystallisierbaren Sera 2 Tage lang gegen laufendes Wasser dialysiert, konnte aber auch dann ohne Säure keine Krystalle bekommen. Wohl aber krystallisierten die dialysierten Sera nach der Methode *Kriegers*, *Hopkin* und *Pinks* leichte rund schöner als sonst, und es war auch zweifellos eine Zunahme der Krystallimengen zu beobachten. Leider liessen sich diese Versuche nicht genau quantitativ gestalten, was ihre Beweiskraft stark beeinträchtigen muss. Ich bin aber der festen Überzeugung, dass durch die Dialyse ein Krystallisationshemmnis entfernt werden kann.

Gürber[1]) hat gezeigt, dass man bei Einhaltung einer bestimmten Temperatur auch Serumalbuminkrystalle durch Natriumsulfat bekommen kann. Ferner behauptet *Grutzewska*[2]) dass es ihm gelungen sei, bei sehr niedrigen Temperaturen Krystalle von Ochsen-, Katzen-, Meerschweinchen- und Natterserum zu bekommen. Es schien deshalb notwendig, auch den Einfluss der Temperatur auf die Krystallisation des Pferdeserums näher zu untersuchen. Es waren zu diesem Zwecke

1) *Gürber*, l. c.

2) *Grutzewska*, citiert nach Ergebnisse der Physiologie von *Asher-Spiro*, Bd. I. 351.

Digitized by Google

Temperaturen von 40°, 17° und 6° gewählt und die Versuche wurden sowohl mit nach der Gürberschen Methode leicht, als auch mit schwer und nicht krystallisierbaren Sera angestellt.

Das Ergebnis war folgendes: bei der Temperatur von 40° waren alle untersuchten Sera meist leicht und schön krystallisierbar. Es wirkt demnach die höhere Temperatur in ähnlicher Weise wie der Säurezusatz, nur waren die Mengen der krystallinischen Abscheidungen reichlicher. Bei sonst leicht krystallisierbaren Sera waren Krystalle schon in einer Stunde zu bekommen, von den bei 17° schwer oder nicht krystallisierenden aber längstens innerhalb von 1 bis 2 Tagen. Während die ersteren Krystalle rein von amorpher Beimengung waren, zeigten dagegen die letzteren starke Verunreinigung. In der Kälte dagegen zeigten nur die leicht krystallisierbaren Sera Krystallisation. Die nach Gürberscher Methode schwer oder nicht krystallisierbare Sera lieferten nur amorphe Niederschläge.

Auf diese Ergebnisse, die von einiger Bedeutung für die theoretischen Betrachtungen über das Wesen der Eiweisskrystallisation sind, werde ich später noch zurückkommen.

Ferner habe ich untersucht den Einfluss von Alkalien speziell von Natronlauge und Ammoniak auf die Krystallisation. Nach Abscheidung der Globuline wurde durch weiteren Zusatz von Ammonsulfat die bekannte Trübung hervorgerufen, dann Natronlauge oder Ammoniak in Mengen zugegeben, die den Säuremengen bei dem Kriegerschen Verfahren oder dem von *Hopkin* und *Pinks* äquivalent waren. Daraufhin verschwand die Trübung und wurde durch neuen Zusatz von Ammonsulfat wieder hervorgerufen.

Das Ergebnis dieser Versuche war bei allen Sera amorphe Niederschläge ohne eine Spur Krystallisation. Der Alkalienzusatz ist demnach ein starkes Krystallisationshemmnis. Ja schon gebildete Krystalle lösen sich durch geringen Zusatz von Natronlauge oder Ammoniak wieder auf. Dabei handelt es sich aber nicht etwa um eine durch das Alkali bewirkte Umwandlung von krystallisierbarem in nicht krystallisierbares Albumin; denn nach Neutralisation der zugesetzten Natronlauge oder nach Verdunstung des Ammoniaks konnten die Krystalle wieder erhalten werden. Wir haben es also hier mit einer wirklichen Krystallisationshemmung zu thun, und da die nach dem Gürberschen Verfahren nicht krystallisierende Sera immer eine etwas höhere Alkalinität zeigten als leicht krystallisierbare, so ist zu vermuten, dass die natürliche Krystallisationshemmung ihren Grund wenigstens teilweise in dem Grade der Alkalinität der Sera hat.

Digitized by Google

Für die Richtigkeit dieser Auffassung spricht auch der Einfluss der Säuren auf die Krystallisation.

Es wäre aber verfehlt, wenn man die Wirkung von Säuren auf den Krystallisationsvorgang nur in der Neutralisation der Alkalinität der Sera erblicken wollte. Leicht krystallisierbare Sera geben zwar bei ganz neutraler Ausgangsreaktion Krystalle, aber schwer krystallisierbare Sera überhaupt nur bei schwach saurer Reaktion.

Es ist nun eine längst bekannte Thatsache, dass viele Krystalle bei schwach saurer Reaktion, das heisst bei Anwesenheit von Wasserstoffionen leichter sich bilden. Eine Erklärung für diese die Krystallisation begünstigende Wirkung der Wasserstoffionen wird aber nicht gegeben. Ich glaube jedoch, dass Wasserstoffionen auch das Entstehen der Eiweisskrystalle begünstigen.

Eine hohe Konzentration an Wasserstoffionen, das heisst, stark saure Reaktion hemmt dagegen die Krystallisation. Dass es sich teilweise bei der Säurewirkung auf die Eiweisskrystallisation um die Wirkung der Wasserstoffionenkonzentration handeln muss, glaube ich aus folgender Erfahrung schliessen zu dürfen.

Bestimmte ich die Menge von Schwefelsäure oder Essigsäure, die zugesetzt werden muss, um bei schwer krystallisierenden Sera Krystalle zu erhalten, so brauchte ich von der Essigsäure das sechsfache Säureäquivalent von der Schwefelsäure, das heisst von der elektrolytisch viel schwächer dissoziierten Essigsäure musste ich eine grössere Menge anwenden als bei der stark dissoziierten Schwefelsäure. Allerdings stehen die Mengen Essigsäure und Schwefelsäure, wie sie hier zur Anwendung kamen, nicht im Verhältnis ihrer elektrolytischen Dissoziation in rein wässeriger Lösung. Wenn man aber bedenkt, dass es um Lösungen der Säuren in starker Ammonsulfatlösung sich handelt, in der die Dissoziationsverhältnisse sich in unberechenbarer Weise ändern können, und dass ferner die Schwefelsäure mit dem vorhandenen Eiweiss hydrolytisch wenig gespaltene Verbindungen bildet, während die Verbindung von Eiweiss mit Essigsäure fast vollständig hydrolysiert ist, so halte ich die Vermutung für wohl begründet, dass die Wirkung beider Säuren auf die Eiweisskrystallisation von ihrer Wasserstoffionenkonzentration abhängig ist.

Aber auch dem Säureion scheint für Krystallisation eine besondere Bedeutung zuzukommen: Verläuft nämlich die Krystallisation in einer ursprünglich neutralen Lösung, so reagiert die Mutterlauge nach Abscheidung der Krystalle schwach alkalisch, eine Auflösung der Krystalle im Wasser dagegen sauer. Die Säure, die diese Reaktion

Digitized by Google

bedingt, ist die Schwefelsäure, die wie schon *Gürber*[1]) behauptet hat, und von *Mörner*[2]) als richtig anerkannt worden ist, sich bei der Krystallisation von Ammonsulfat abspaltet, indem sie sich mit dem krystallisierten Albumin verbindet. Gleichzeitig wird dann Ammoniak frei, das die alkalische Reaktion der Mutterlauge bedingt.

Dieses Ammoniak hemmt zuerst die Abscheidung der Krystalle, in dem Masse aber, als es verdunstet, tritt dann allmählich die Abscheidung der Krystalle ein. Wird die Krystallisation durch Säurezusatz bewirkt, so wird das Ammoniak nicht frei, und die Krystallisation erfolgt deshalb rascher.

Aber gleich welche Säure man zur Auslösung der Krystallisation verwendet, immer bildet sich in den Krystallen die Verbindung von Eiweiss mit Schwefelsäure.

Da nun für die Bildung von Krystallen das Freiwerden von Schwefelsäure aus Ammonsulfat eine notwendige Bedingung zu sein scheint, so könnten die zugesetzten Säuren auch in der Weise die Krystallisation begünstigen, dass sie durch Massenwirkung Schwefelsäure aus dem Ammonsulfat frei machen. Durch Zusatz von Schwefelsäure wäre dann direkt die Bedingung für die Krystallisation gegeben. Es ist aber auch denkbar, dass durch den Säurezusatz die basischen Eigenschaften des Eiweiss die zur krystallisierenden Verbindung mit Schwefelsäure führen, erst aktiviert werden, wie dies zum Beispiel bei der Hydrolyse des Eiweiss der Fall ist.

Auch die Begünstigung der Krystallisation durch Erwärmung darf vielleicht als eine Steigerung der Avidität des Albumins zur Schwefelsäure aufgefasst werden. Denn das raschere Abdunsten des freigewordenen Ammoniaks ist für eine Erklärung der Wärmewirkung allein nicht ausreichend. Andererseits könnte aber die Wärmewirkung auch zum Teil in einer vermehrten Hydrolyse des Ammonsulfats gesucht werden. Es ist jedoch nicht wahrscheinlich, dass diesem letzteren Moment eine grössere Bedeutung für die Krystallisation zukommen kann, da die Zunahme der hydrolytischen Spaltung bei einer Temperaturerhöhung von 17° auf 40° verschwindend klein ist. Das gilt noch mehr für Natriumsulfat, bei dem die Wirkung höherer Temperatur auf die Bildung von Albuminkrystalle noch viel stärker zum Ausdruck kommt, als beim Ammonsulfat.

Mit Natriumsulfat konnte *Gürber*[1]) überhaupt nur bei Tempe-

[1]) *Gürber*, l. c.
[2]) *Mörner*, Zeitschrift für physiol. Chemie, Bd. 34, S. 243.
[1]) *Gürber*, l. c.

Digitized by Google

raturen zwischen 35°—40° Serumalbuminkrystalle bekommen, die beim Abkühlen sogleich wieder verschwanden, während Natriumsulfat auskrystallisierte. *Gürber* glaubte, dass nur bei Temperaturen zwischen 35°—40° Natriumsulfatlösungen von solcher Konzentration erhalten werden könnten, wie sie zur Abscheidung von Eiweisskrystallen notwendig seien. Diese Auffassung halte ich aber nicht für zutreffend, da es mir gelungen ist mit Natriumsulfat Albuminkrystalle auch bei niedrigen Temperaturen zu bekommen, sofern ich Essigsäure oder Schwefelsäure zusetzte. Allerdings erfolgte auch dann die Krystallisation bei höherer Temperatur leichter, die gebildeten Krystalle lösten sich jedoch beim Abkühlen nicht wieder auf.

Die Annahme einer wechselnden Avidität eines und desselben Serumalbumins ist nicht nur eine Forderung der vorstehenden theoretischen Erwägungen, sondern gründet sich auch auf Beobachtungen, die im folgenden näher beschrieben werden sollen.

Wie schon früher hervorgehoben, wird bei der krystallinischen Abscheidung des Serumalbumins durch Ammonsulfat aus diesem Ammoniak frei gemacht, und die frei gewordene Schwefelsäure bildet mit dem Albumin Albuminsulfatkrystalle. Verfolgt man diesen Vorgang quantitativ, so findet man die Ammoniakentwickelung pro Gramm krystallisierenden Eiweiss berechnet, um so grösser je rascher und vollkommen die Krystallisation erfolgt. Nicht krystallisierendes Albumin macht, das sei hier ganz besonders hervorgehoben, kein Ammoniak frei oder doch nur höchstens Spuren davon.

Diese Bestimmungen wurden der Art angestellt, dass ich das krystallinisch abgeschiedene oder sofern nicht krystallisierbar, das amorph ausgefallene Albumin gegen Wasser bis zur gänzlichen Entfernung des Ammonsulfates dyalisierte. In dieser Eiweisslösung bestimmte ich dann nach *Kjeldahl* den Stickstoffgehalt und berechnete daraus den Eiweissgehalt. Eine abgemessene Menge der Lösung wurde dann in einen Kolben gebracht, und hier mit der zur Krystallisation, beziehungsweise zur Fällung nötigen Menge Ammonsulfat versetzt und der Kolben mit einem doppelt durchbohrten Pfropfen verschlossen. Durch eine Bohrung des Pfropfens ging bis nahe an die Oberfläche der Flüssigkeit eine Glasröhre, die in Verbindung stand mit einer Waschflasche mit konzentrierter Schwefelsäure, durch eine zweite Röhre war der Kolben verbunden mit einer Vorlage, die eine gemessene Menge $^1/_5$ normal Schwefelsäuren zur Absorption des Ammoniaks enthielt, um die Menge des freiwerdenden Ammoniaks zu be-

Digitized by Google

stimmen. Zur Kontrolle für vollständige Absorption folgte dann noch eine weitere Vorlage mit $^1/_5$ normal Schwefelsäure. Durch diesen Apparat liess ich während 8 bis 14 Tagen einen ununterbrochenen Luftzug, der durch eine Wasserstrahlpumpe unterhalten wurde, hindurch streichen. Dann wurde in der Vorlage und in der Kontrollvorlage die Schwefelsäure mit $^1/_5$ normal Natronlauge zurücktitriert und aus der Volumdifferenz die Menge des übergegangenen Ammoniaks berechnet.

Zur Nachprüfung des vollständigen Übergangs des entwickelten Ammoniaks folgte dann eine mehrtägige neue Durchlüftung des Apparates bei frisch vorgelegter $^1/_5$ normal Schwefelsäure. Diese Kontrolle ergab, dass schon nach achttägigem Betrieb des Apparates das freigewordene Ammoniak vollständig überzugehen pflegte. Solche Versuche über die Ammoniakentwickelung habe ich auch auf die nicht krystallisierende Ochsen- Schwein- und Schafserumalbumine ausgedehnt, bei deren Fällung aber, wie beim nicht krystallisierenden Pferdealbumin freiwerdendes Ammoniak höchstens in Spuren gefunden werden konnte.

Die Details von den in der Hauptsache schon skizzierten Ergebnissen dieser Versuche finden sich in der Tabelle auf folgender Seite zusammengestellt.

Als Gegenstück zu diesen Bestimmungen der Ammoniakentwickelung wäre es nun wohl meine Aufgabe gewesen, die Menge der mit dem Albumin verbundene Schwefelsäure festzustellen, um dadurch einen direkten Einblick in die verschiedenen Grade der Avidität der untersuchten Albumine zur Schwefelsäure zu gewinnen. Leider scheiterten diese Versuche an methodischen Schwierigkeiten. Das ist um so mehr zu bedauern, als noch andere bei der Krystallisation gemachte Beobachtungen vielleicht dadurch verständlich geworden wären. Wie reichlich die Schwefelsäure in krystallisiertem Albumin gebunden ist illustriert aber besonders schön folgende Beobachtung:

Eiweisskrystalle wurden nach der Abscheidung mit einer $^3/_5$ gesättigten Ammonsulfatlösung ausgewaschen, dann nach der von *Gürber* angegebenen Weise in der Hitze koaguliert und die nunmehr unlöslichen Krystalle mit Wasser einigemal ausgewaschen. Wurden diese Krystalle von neuem im Wasser suspendiert, dann etwas Pepsin zugesetzt, so lösten sich dieselben nach kurzer Zeit durch Verdauung vollständig auf, und die Lösung reagierte dann stark sauer. Nach *Gürber* ist zur Auflösung der vollständig gereinigten Eiweisskrystalle durch die Verdauung $^9/_{10}$ von der Säurenmenge notwendig, die diese Krystalle zu binden im stande sind. Es muss daher bei der Entstehung von Eiweisskrystallen mindestens eine Schwefelsäuremenge an

Digitized by Google

	Eiweissgehalt der Lösung	Krystallisationszeit	Krystallform	Menge des entwickelten Ammoniaks	Entwickeltes Ammoniak auf 1 g Eiweiss
		nach		mg	mg
Pferdeserumalbumine, leicht krystallisierbar nach der Gürberschen Methode	0,4725 g in 50 cm³	4 Stunden	ganz klein und spindelförmig	3,74	7,92
	1,8099 g in 50 cm³	1 Tage	ganz klein und spindelförmig	7,13	3,95
	1,4275 g in 50 cm³	3 Tagen	ganz klein und spindelförmig	4,76	3,33
	0,4410 g in 20 cm³	1 Tage	ziemlich gross u. spindelförmig	3,06	6,94
	0,8924 g in 50 cm³	1 Tage	ziemlich gross spindel- und büschelförmig	4,08	4,96
Pferdeserumalbumine, schwer krystallisierbar nach der Gürberschen Methode	0,8750 g in 50 cm³	7 Tagen	ziemlich gross, schmal, pyramidenförmig	2,04	2,35
Pferdeserumalbumine, nach der Gürberschen Methode nicht krystallisierbar	0,6650 g in 50 cm³		keine Krystalle	—	—
	0,8750 g in 50 cm³		keine Krystalle	—	—
	1,6450 g in 40 cm³		keine Krystalle	0,34	0,20
Ochsenblutserumalbumin	1,1267 g in 70 cm³		keine Krystalle	0,51	0,44
Schweineblutserumalbumin	0,9517 g in 80 cm³		keine Krystalle	0,51	0,64
Schafblutserumalbumin	1,9600 g in 100 cm³		keine Krystalle	0,34	0,17

das Albumin gebunden werden, die der für die Verdauung notwendigen gleich kommt.

Ich möchte aber die Vermutung aussprechen, dass die Schwefelmenge grösser ist, und dass mit der Zahl der Umkrystallisation das Bindungsvermögen des Albumins für die Schwefelsäure wächst und dass die immer beobachteten verschiedenen Krystallformen der Ausdruck verschiedener Albuminsulfate sind. Die besonders beim Umkrystallisieren erhältlichen verschiedenen Krystallfraktionen mögen wohl einem und demselben Krystallsystem angehören und aus ein und demselben Eiweisskörper hervorgehen. Sie sind aber ganz zweifellos

Digitized by Google

chemisch differente Substanzen, was sich besonders deutlich aus ihrer verschiedenen Löslichkeit ergibt.

So sind die Krystalle der ersten Fraktion in einer 47,5 % Ammonsulfatlösung, noch leicht löslich, die zweite und dritte Krystallisation charakterisiert durch Nadel- und Spindelform, lösen sich dagegen erst in einer 40 % Ammonsulfatlösung auf.

Auch zeigen die Krystalle je nach der Leichtigkeit ihrer Krystallisierbarkeit eine verschiedene Löslichkeit und ferner nimmt die Löslichkeit ab mit der Häufigkeit der Umkrystallisation. So sind die Krystalle nach der fünften Umkrystallisation nur mehr in Ammonsulfatlösung von unter 40 % löslich. Dieses scheint nun dadurch bedingt zu sein, dass nach häufigem Umkrystallisieren die leicht löslichen Krystallfraktionen ganz verschwinden und in die schwer löslichen Modifikationen übergehen.

Die ursprünglich keine amorphen Massen enthaltenden Krystallisationen nehmen durch mehrmalige Umkrystallisierung an amorphen Beimengungen mehr und mehr zu, bis zuletzt überhaupt nur amorphe Niederschläge resultieren. Das ist bei der Säuremethode schon nach der dritten Umkrystallisation der Fall. Auch die nach Gürberscher Methode schwer krystallisierenden Sera liefern Krystalle, deren Albumin schon nach wenigen Umkrystallisationen amorph ausfällt.

Im Gegensatz zu den amorphen Niederschlägen von ursprünglich nicht krystallisierbaren Albumin sind die amorphen Niederschläge von krystallisierendem Albumin Verbindungen von Eiweiss mit Schwefelsäure.

Ein grosser Teil dieser Beobachtungen findet sich in seinen Einzelheiten in der Tabelle pag. 13 zusammengestellt.

Diese Löslichkeitsprüfungen sind nicht nur beachtenswert, weil sie dartun, wie sich unter der Einwirkung des Ammonsulfats das krystallisierbare Albumin verändern kann, sondern sie scheinen uns auch einen gewissen Einblick in den Vorgang der Eiweisskrystallisation selbst zu gewähren.

Wie aus den obigen Untersuchungen hervorgeht, ist nämlich die Konzentration der Ammonsulfatlösung, bei der die Krystallisation erfolgt, viel grösser, ja gelegentlich doppelt so gross, als die Konzentration der Ammonsulfatlösung, in denen die Krystalle ungelöst bleiben. Das gilt besonders für die Krystallisationen ohne Schwefelsäurezusatz. Man könnte nun versucht sein, diese Thatsache für eine Übersättigungserscheinung zu halten, zumal *Görber* die Bildung von Eiweisskrystallen von der Bedingung der Übersättigung abhängig glaubt.

Digitized by Google

Löslichkeit der Krystalle in Ammoniumsulfatlösungen.

Pferdeserumalbumine	I.	II.	III.	IV.	V.
	Umkrystallisation				
	%	%	%	%	%
I. Nach der Gürberschen Methode leicht krystallisierbar	42,5	40,0	37,5	—	—
II. Nach der Gürberschen Methode leicht krystallisierbar	47,5	45.0	—	—	—
III. Nach der Gürberschen Methode leicht krystallisierbar	47,5	45,0	45,0	—	—
IV. Nach der Gürberschen Methode leicht krystallisierbar, aber die Krystalle mit Ammonsulfat und Essigsäure gewonnen	47,5	47,0	45,0	—	—
V. Nach der Gürberschen Methode leicht krystallisierbar	—	—	—	37,5	35,0
VI. Nach der Gürberschen Methode leicht krystallisierbar. aber die Krystalle mit Ammonsulfat und Essigsäure gewonnen	—	—	45,0	—	—
VII. Nach der Gürberschen Methode leicht krystallisierbar aber nach der Kriegerschen Methode hergestellt	—	37,5	35,0	—	—
VIII. Nach der Gürberschen Methode leicht krystallisierbar aber nach der Kriegerschen Methode hergegestellt	45,0	40,0	37,5	—	—
IX. Nach der Gürberschen Methode schwer krystallisierbar, mit Ammonsulfat u. Essigsäure gewonnen	42,5	42,5	—	—	—
X. Nach der Gürberschen Methode nicht krystallisierbar, aber nach der Kriegerschen Methode hergestellt	—	35,0	—	—	—
XI. Nach der Gürberschen Methode leicht krystallisierbar, aber mit Ammonium selenatum gewonnen	42,5	—	—	—	—

Wenn auch früher manches für die Richtigkeit dieser Annahme sprach, so scheint sie mir doch, nachdem die Beziehungen der Schwefel-

Digitized by Google

säure zur Eiweisskrystallisation erkannt sind, nicht mehr haltbar zu sein.

Meiner Meinung nach handelt es sich bei der Bildung der Serumalbuminkrystalle wesentlich um eine Fällungsreaktion, indem bei einer gewissen Konzentration der Ammonsulfatlösung sich das in dieser Ammonsulfatlösung nicht mehr lösliche Albuminsulfat bildet und dabei in krystallinischer Form ausfällt. Eine gewisse Rolle mag dabei eine Übersättigung der Lösung mit Albuminsulfat immerhin spielen, und das wird besonders bei Umkrystallisation der Fall sein, wo es sich doch nur darum handeln kann, dem schon gebildeten Albuminsulfat das Lösungsmittel zu entziehen, um es krystallinisch zu fällen, aber auch hier kann die einfach physikalische Abscheidung der Eiweisskrystalle von chemischen Prozessen begleitet sein, die, wie schon früher näher beschrieben worden ist, zu der Modifikation der Krystalle und zuletzt zur Unkrystallisierbarkeit des Serumalbumins führen. Aus all diesem geht hervor, dass die Bildung der Pferdeserumalbuminkrystalle ein sehr verwickelter Vorgang ist, zu dessen Erklärung ich mit dem Vorstehenden einen kleinen Beitrag geliefert zu haben glaube, aber schon die vielen zu Hilfe genommenen theoretischen Erwägungen zeigen, dass zur vollständigen Lösung des Problems der Eiweisskrystallisation noch sehr vieles zu thun übrig bleibt.

Die erörterten Beziehungen der Schwefelsäure zur Eiweisskrystallisation lassen es verständlich erscheinen, warum die Eiweisskrystallisation nur durch Sulfate bewirkt werden kann und auch durch diese nur, wenn sie grosse Löslichkeit in Wasser haben, wie das bei Ammonsulfat und Natriumsulfat der Fall ist.

Es lag nun nahe, den Sulfaten nahestehende Salze auf ihr Verhalten zur Eiweisskrystallisation zu prüfen und von diesen schienen die geeignetsten die Selenate, von denen ich denn auch das Ammonselenat auf seine Fähigkeit Serumalbuminkrystalle zu bilden geprüft habe.

Es wurde dabei in gleicher Weise verfahren wie bei der Gürberschen Methode mit Ammonsulfat. Das Serum wurde zur Fällung der Globuline mit gleichem Volum gesättigter Ammonselenatlösung versetzt, nach einiger Zeit abfiltriert und das Filtrat bis zur beginnenden Trübung weiter mit Ammonselenatlösung versetzt.

Nach zwei Tagen schieden sich in reichlicher Menge wohl ausgebildete Krystalle ab, die sich von den Krystallen mit Ammonsulfat nur dadurch unterschieden, dass sie in der Mutterlauge an der

Digitized by Google

Oberfläche schwammen, während Krystalle mit Ammonsulfat sich zu Boden senken, was sich daraus erklärt, dass die Ammonselenatlösung spezifisch schwerer ist, als die bezüglich der Eiweisskrystallisation gleichwertige Ammonsulfatlösung. Spezifisches Gewicht von 5/9 konz. Ammoniumselenatumlösung = 1,2562. Spezifisches Gewicht von 5/9 konz. Ammonsulfatlösung = 1,1584. Weiter konnte ich bei der Krystallisation mit Ammoniumselenat ebenfalls das Freiwerden des Ammoniaks beobachten und die Auflösung der Krystalle in Wasser zeigte auch saure Reaktion.

Es wäre nun gewiss wünschenswert gewesen, die Krystalle auf ihren Gehalt an Selensäure quantitativ zu untersuchen. Wegen des hohen Preises von Ammoniumselenat, der nur Darstellung der Albuminkrystalle im kleinen gestattet, musste jedoch eine derartige Untersuchung unterbleiben.

Es erübrigt nun noch, auf die früher diskutierte Frage über den Gehalt der verschiedenen Pferdesera an krystallisierbarem Albumin zurückzukommen. Ich glaube gezeigt zu haben, dass neben dem durch Säureverfahren entfernbaren Krystallisationshemmnis noch weitere durch Dialyse und durch Erwärmen entfernbare bestehen. Ausserdem muss ich die Möglichkeit noch weiterer Hemmungen zugeben. So lange aber diese Frage ungelöst ist, so lange wird sich auch die Frage, inwieweit die geringere Ausbeute an Eiweisskrystallen mit dem Gehalt der Sera an krystallisierbarem Albumin in Beziehung steht, nicht entscheiden lassen.

Nur das möchte ich hier noch hervorheben, dass zwar meistens einem hohen Gehalt der Sera an Gesamtalbumin eine reichliche Krystallisation entspricht. Ich darf jedoch nicht verschweigen, dass gerade Sera mit ausserordentlich grossem Albumingehalt sehr schwer krystallisierten und nur wenige Krystalle lieferten. Die Versuche, die die Erfahrung betätigen, finden sich in Tabelle pag. 16 zusammengestellt.

Digitized by Google

	Gesamteiweiss des Serums %	Globulin		Albumin	
		in 100 cm³ Serum	% vom Gesamteiweiss	in 100 cm³ Serum	% vom Gesamteiweiss
I. Pferdeserum nach der Gürberschen Methode nicht krystallisierbar	7,223	2,811	38,9	4,412	61,1
II. Nach der Gürberschen Methode nicht krystallisierbar	6,686	2,692	40,3	3,994	59,7
III. Nach der Gürberschen Methode leicht krystallisierbar	7,052	3,287	46,6	3,765	53,4
IV. Nach der Gürberschen Methode leicht krystallisierbar	5,858	2,209	37,7	3,649	62,3
V. Nach der Gürberschen Methode ganz wenig krystallisierbar	6,940	3,440	49,6	3,500	50,4
VI. Krystallisierbar	6,554	3,238	49,4	3,316	50,6
VII. Nach der Gürberschen Methode nicht krystallisierbar	7,252	4,031	55,6	3,221	44,4
VIII. Nach der Gürberschen Methode wenig krystallisierbar	6,620	3,638	55,0	2,935	45,0
IX. Nach der Gürberschen Methode krystallisierbar	7,562	4,888	64,6	2,674	35,4

Zusammenfassung.

Alle Pferdeblutsera enthalten unter normalen Verhältnissen krystallisierendes Albumin, allerdings in scheinbar sehr wechselnden Mengen.

Der vielfach zu beobachtende Misserfolg der Gürberschen Krystallisationsmethode beruht auf einer Hemmung der Krystallbildung, die durch Zusatz von geringen Mengen Säure (besonders Schwefelsäure oder Essigsäure) aber auch durch Temperaturen von 35—40° behoben werden kann.

Die Wirkung der Säuren sowohl, wie die der Wärme beruht in der Aktivierung der chemischen Wechselbeziehungen zwischen dem krystallisierbaren Albumin und dem die Krystallisation bedingenden Ammonsulfat bezw. Natriumsulfat oder Ammonselenat.

Die Pferdealbuminkrystalle sind Verbindungen von Albumin mit Schwefelsäure oder der ihr gleichartigen Selensäure.

Digitized by Google

Bei der Abscheidung der Albuminkrystalle werden beträchtliche Mengen von Ammoniak aus dem Ammonsulfat oder Selenat frei. Bei der Fällung von nicht krystallisierendem Albumin durch Ammonsulfat ist das nicht der Fall.

Die zurückbleibende Schwefelsäure vereinigt sich scheinbar in mehreren Mengenverhältnissen mit dem Albumin zu krystallisierenden Verbindungen. Die verschiedenen Krystallfraktionen dürften der Ausdruck dafür sein.

Die verschiedenen Krystallfraktionen sind nicht mehr oder weniger vollkommen ausgebildete Krystalle eines und desselben Körpers, denn dagegen spricht schon ihre sehr verschiedene Löslichkeit.

Sichere Beziehungen zwischen dem Albumingehalt und der Krystallisierbarkeit lassen sich beim Pferdeserum nicht feststellen.

Zum Schluss sei mir gestattet, Herrn Privatdozent Dr. *Gürber* für die Anregung zu dieser Untersuchung, sowie für die vielfache Hilfe bei deren Ausführung meinen besten Dank auszusprechen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Zur medizinischen Statistik der Stadt Würzburg für die Jahre 1871—1902.

Von

Leo Steinberger.

I. Einleitung.

Seit dem Jahre 1877 erschienen in fortlaufender Folge 14 Hefte, betitelt „Medizinische Statistik der Stadt Würzburg", aus der Feder verschiedener Verfasser: die ersten fünf Hefte über die Jahre 1871 bis 1879 von Bezirksarzt Dr. *Ottmar Hofmann*, das nächste Heft über die Jahre 1880 und 1881 von Kreismedizinalrat Dr. *Gregor Schmitt*, Heft VII mit XIII über die Jahre 1882—1897 von Bezirksarzt Dr. *Julius Röder*, und schliesslich das letzte über die Jahre 1898—1902 von Privatdozent Dr. *Franz Kasimir Stubenrath*. Dieses Material hat bisher zu einer vergleichenden Übersicht über die Ergebnisse der einzelnen Jahre noch keine ausgiebigere Verwendung gefunden. Naturgemäss aber ist es gerade dieser Vergleich, der eines der Endziele einer derartigen Statistik darstellt, da er ein Urteil über Fortschritte und Rückschritte in sanitärer Beziehung gestattet. Deshalb habe ich gerne der Anregung des Herrn Professor *Lehmann* Folge geleistet, den Versuch zu einer derartigen Übersicht zu machen. Als geborenem Würzburger war mir die Arbeit besonders angenehm. Denn seit Jahren sah ich das eifrige Schaffen an der Verschönerung und Sanierung Würzburgs mit eignen Augen und so lag die Frage nahe, inwiefern ein Erfolg dieser Bemühungen in der Statistik zu Tage trete. Allerdings ist es mir nicht gelungen, diese Frage in der wünschenswerten Vollständigkeit zu lösen. Der Grund dafür liegt

Digitized by Google

hauptsächlich in der Art des benutzten Materials. Es ist der häufige Wechsel der Autoren nicht ohne Einfluss auf die Verwendbarkeit ihres Werkes für meinen Zweck geblieben. Es wurden verschiedene Methoden angewandt, um die Bevölkerungsbewegung in ihren einzelnen Phasen darzustellen, einzelne früher aufgestellte Beobachtungsreihen wurden später abgebrochen, andere neue hinzugefügt. So war ich genötigt, einzelne besonders empfindliche Lücken aus amtlichem Material zu ergänzen, für dessen Beschaffung ich Herrn Bezirksarzt Dr. *Franz Hofmann* bestens danke. Dabei stellte sich übrigens auch heraus, dass das amtliche Material nicht durchgehends die gleichen Angaben enthält, wie die mir vorliegenden Hefte. Wo sich eine derartige Differenz ergab, bin ich im allgemeinen den Angaben der letzteren gefolgt. Ferner habe ich mich bemüht, einzelne korrespondierende Zahlenwerte, die nach verschiedenen Methoden berechnet und deshalb nicht vergleichbar waren, dadurch vergleichbar zu machen, dass ich sie nach einer einheitlichen Methode umrechnete. Jedoch war es nicht zu vermeiden, dass mein Versuch mehr, als es mir erwünscht war, den Charakter des Referats verlor und sich auf das Gebiet der Kritik begab. Ein Zurückgehen auf das z. T. noch vorhandene statistische Urmaterial hätte vielleicht bis zu einem gewissen Grade mehr positive Resultate ergeben, wäre aber mit einer unverhältnismässigen Arbeit verbunden gewesen.

II. Hauptdaten der Bevölkerungsbewegung.

Die Hauptdaten der Bevölkerungsbewegung (Volkszahl, Eheschliessungen, Geburten und Sterbefälle, sowie die auf die jeweilige Volkszahl bezogenen relativen Ziffern der drei letzteren Grössen) findensich in Tabelle I.

Von den Volkszahlen, welche die mir vorliegenden Hefte enthalten, weichen die von mir angegebenen allenthalben etwas ab. Als gemeinsame Basis gelten mir, wie den Verfassern jener Hefte, die Ergebnisse der Volkszählungen (Militär eingerechnet), aus denen die einzelnen Werte durch Interpolation berechnet sind. Jedoch habe ich meine Angaben jeweils auf den 1. Juli als Mitte des betreffenden Jahres reduziert, während die Angaben in den Heften sich z. T. auf den 1. Juli, z. T. auf den 1. Dezember beziehen, z. T. eine Beziehung auf einen bestimmten Termin nicht erkennen lassen. Ferner sind die betreffenden Zahlen in den Berichten z. T. abgerundet, z. T. nicht. Weiterhin sind verschiedene Methoden der Interpolation

Digitized by Google

angewandt: teils fanden sie statt nach Art einer arithmetischen Reihe, teils nach der Methode des kaiserlichen Gesundheitsamtes, z. T. ist der Weg, auf welchem die interpolierten Werte gefunden wurden, nicht angegeben. Ich hatte es insofern leichter, als ich für die Jahre 1872—1900 je eine vorhergehende und eine nachfolgende Volkszählung verwerten konnte, um aus ihnen die Bevölkerung des betreffenden Jahres nach den für geometrische Reihen geltenden Gesetzen zu berechnen[1]). Da vor dem Jahre 1871 die Zählung des Militärs nach anderen Grundsätzen stattfand, demnach eine mit den späteren Volkszählungsergebnissen vergleichbare Zahl nicht zur Verfügung stand, wurde die Bevölkerungszahl für den 1. Juli 1871 aus dem Ergebnis der Dezemberzählung dieses Jahres so berechnet, als ob die Bevölkerung in diesem Jahre in derselben Weise sich vermehrt hätte, wie in dem sich anschliessenden vierjährigen Zeitraum. Die Zahlen für die Jahre 1901 und 1902 sind aus dem Ergebnis der Volkszählung 1900 berechnet mit Hilfe des Vermehrungsfaktors der Periode 1895—1900. Daher sind sie, ebenso wie die aus ihnen abgeleiteten Ziffern nur von provisorischer Giltigkeit und nach der nächsten Volkszählung zu revidieren.

Der Umstand, dass ein grosser Prozentsatz der in der Entbindungsanstalt niederkommenden Frauen ausserhalb Würzburgs ihren Wohnsitz haben, bedingt die Notwendigkeit, die Geburtenzahl mit und ohne Einrechnung der auf der Entbindungs-Anstalt treffenden Geburten als obere und untere Grenze des Anteils der Würzburger Bevölkerung anzugeben[2]).

Auch die Sterbefälle müssen in zwei Zahlenreihen angegeben werden, deren eine die Zahl der in Würzburg Verstorbenen giebt, deren andere dieselbe Zahl nach Abzug der Ortsfremden. Der Kreis der bei der zweiten Zählungsart in den Berichten Ausgeschiedenen scheint nicht für jedes Jahr derselbe zu sein. Er besteht 1871/75 aus den im Juliusspital verstorbenen fremden Personen, 1877 und 1878 aus den in den Spitälern verstorbenen Ortsfremden, 1879—1902 aus den Ortsfremden. Der Begriff „Ortsfremde“ in diesem

[1]) Handelt es sich um die Volkszahlen für 6 aufeinanderfolgende Jahre A B C D E F, wo die Werte für A und F bekannt sind, so gilt für B der Wert $A\left(\frac{F}{A}\right)^{\frac{1}{5}}$, für C der Wert $A\left(\frac{F}{A}\right)^{\frac{2}{5}}$, für D der Wert $A\left(\frac{F}{A}\right)^{\frac{3}{5}}$ und so fort.

[2]) Nach Mitteilung des Herrn Bezirksarztes Dr. *Franz Hofmann* treffen 1/4—1/3 der in der Entbindungsanstalt stattfindenden Geburten auf die Würzburger Bevölkerung.

Digitized by Google

Zusammenhang findet sich definiert im Bericht über die Jahre 1884/85 als Personen, welche vor ihrer Erkrankung nicht in Würzburg gewohnt hatten. 1876 enthält die zweite Rubrik die Sterbefälle „in der eigentlichen Stadtbevölkerung (ohne Juliusspital und Entbindungsanstalt)." Vermutlich bedingt diese verschiedene Fassung des Begriffs der Ortsfremden keine erheblicheren Grössenänderungen, so dass ich es für berechtigt gehalten habe die angegebenen Werte unter der einen Rubrik: „Sterbefälle in der autochthonen Bevölkerung" stehen zu lassen.

Bezeichne ich als natürlichen Bevölkerungszuwachs den Überschuss der ausserhalb der Entbindungs-Anstalt in Würzburg Geborenen über die in Würzburg gestorbenen Angehörigen der autochthonen Bevölkerung, so ist festzuhalten, dass die so ermittelte Grösse nur die untere Grenze des wirklichen natürlichen Bevölkerungszuwachses darstellt.

Bei Betrachtung der Bevölkerungsbewegung in den 32 Jahren, von denen in dieser Arbeit die Rede ist, lassen sich zwanglos verschiedene Perioden unterscheiden.

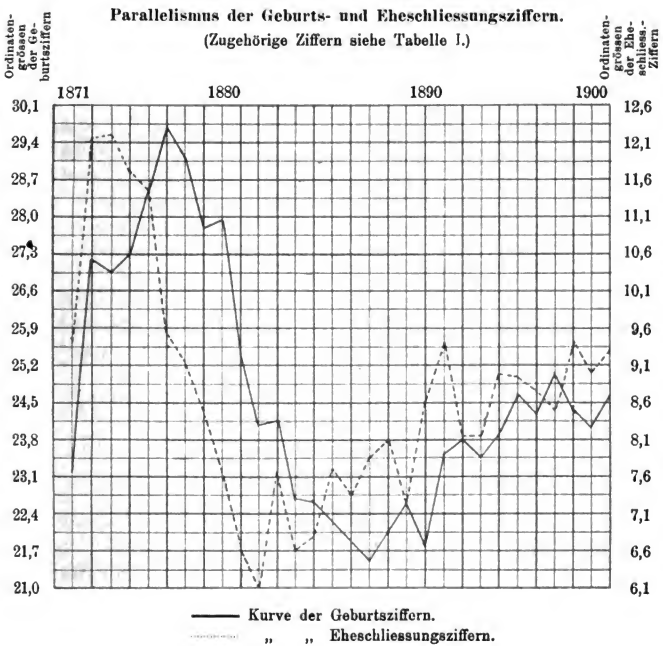
Völlig isoliert steht das Kriegsjahr 1871 durch seine bedeutende Sterblichkeit, die sich leicht erklären lässt, ebenso leicht, wie die im Vergleich zu den folgenden Jahren niedrige Geburtsziffer. Die übrigen Jahre lassen sich am besten unter dem Gesichtspunkt der Eheschliessungsziffer in Gruppen einteilen, was wohl damit zu erklären ist, dass diese Ziffer bis zu einem gewissen Grade das ökonomische Wohlbefinden einer Bevölkerung ausdrückt. Es folgen auf das Kriegsjahr zunächst Jahre mit relativ hohen Eheschliessungsziffern, die vier ersten mit den bisher nicht mehr erreichten 12 und 11 Prozent. In den Jahren 1873—1881 zeigt sich ein beständiger Rückgang, weiterhin eine Periode vorwiegend steigender Tendenz mit unbedeutenderen Schwankungen.

Einiges Erstaunen müssen wohl die beträchtlichen Schwankungen der Geburtenziffer hervorrufen. Vergleicht man den höchsten Wert, der im Jahre 1876 mit 29,65 erreicht wird, mit dem niedrigsten, 21,53 im Jahre 1887 (beides betrifft Geburtsziffern mit Ausschluss der Entbindungsanstalt), so wird man das Bedürfnis nach einer Erklärung dieser beträchtlichen Differenz empfinden. Es liegt von vornherein die Vermutung nahe, dass diese Schwankungen der Geburtenziffer von den Schwankungen der Eheschliessungsziffer abhängig sind. Um diese Voraussetzung auf ihre Richtigkeit zu prüfen, habe ich beide Ziffern nebeneinander graphisch dargestellt (Kurve Nr. 1).

Digitized by Google

Die Massstäbe für die Ordinaten beider Kurven sind in ihrem Verhältnis zu einander so gewählt (5 : 7), dass der vermutete Parallelismus sich deutlich zeigen konnte. Als Ausgangspunkt diente die mittlere Geburts- und Eheschliessungsziffer. So entspricht nun dem Höhe-

Kurve 1.



punkt der Trauungsziffer (im Jahre 1872 und 1873) eine Höhepunkt der Geburtenziffer im Jahre 1876, Darauf findet sich in beiden Kurven ein nahezu beständiges Absteigen, das bei der einen im Jahre 1881, bei der andern im Jahre 1885 endigt. In der Zwischenzeit findet sich in der That der vermutete annähernde Parallelismus beider Kurven.

Digitized by Google

Von da ab findet sich wieder ein langsames Steigen, das in den letzten in Betracht gezogenen Jahren einem Oscillieren um die mittleren Werte zu weichen beginnt. Die Jahre 1901 und 1902 wurden bei der graphischen Darstellung nicht berücksichtigt, da die für sie angegebenen Werte der sicheren Grundlage entbehren.

Von einigem Interesse an sich und von besonderer Wichtigkeit für die Erklärung der dauernd relativ niedrigen Geburtenziffer wäre es gewesen, aus jedem Berichtsjahre eine Statistik des Alters der Eheschliessenden zu besitzen. Jedoch finde ich eine solche nur in dem Bericht über das Jahr 1878. Zum Vergleiche stelle ich daneben eine Tabelle über das Alter der Brautleute in Preussen 1871 bis 1885.

Von 100 eheschliessenden Männern standen im Alter von

	in Würzburg (1878)	in Preussen (1871/85)
unter 20 Jahren	0,0	0,50
20—30 „	51,3	67,43
30—40 „	33,7	22,54
40—50 „	10,3	6,18
50—60 „	4,2	2,52
über 60 „	0,5	0,83

Von 100 eheschliessenden Weibern standen im Alter von

	in Würzburg (1878)	in Preussen (1871/85)
unter 20 Jahren	4,2	10,06
20—30 „	64,6	70,16
30—40 „	21,0	14,72
40—50 „	8,1	4,01
50—60 „	1,7	0,91
über 60 „	0,2	0,14

Im Jahre 1878 traten also in Würzburg Männer wie Weiber spät in den Ehestand.

Die Betrachtung der Reihe der Sterbeziffern ergiebt das erfreuliche Resultat einer beträchtlichen Abnahme, besonders in den letzten in Betracht gezogenen Jahren. Völlig isoliert steht das Jahr 1883 mit seiner Mortalitätsziffer 26,98, erklärt durch eine bedeutende Masern- und Keuchhustenepidemie, welche in diesem Jahre in Würzburg herrschten.

Der natürliche Bevölkerungszuwachs Würzburgs war ein sehr geringer. Der niedrigste Stand fand sich im Jahre 1883

Digitized by Google

mit —4,26 (bezw. bei Einrechnung der Entbindungsanstalt +0,79). In den letzten Jahren macht sich ein Ansteigen des natürlichen Zuwachses bemerkbar, wie er sich in dieser Konstanz die übrige Zeit hindurch nicht fand.

Zum Schlusse dieses Abschnittes will ich noch die mittleren Werte einzelner Grössen der Bevölkerungsbewegung angeben. Sie sind berechnet für die Jahre **1871—1900** durch Vergleichung der Summen aus den jährlichen Angaben der absoluten Werte der betreffenden Grössen (nicht als arithmetische Mittel der relativen Werte).

Mittlere Geburtenziffer (Lebendgeborene) mit Einschluss der Entbindunganstalt	30,40 ‰
Mittlere Geburtenziffer (Lebendgeborene) für die Stadtbevölkerung	24,49 ‰
Mittlere Sterblichkeitsziffer mit Einschluss der Spitalfremden	26,15 ‰
Mittlere Sterblichkeitsziffer ohne Spitalfremde	22,96 ‰

Der mittlere natürliche Zuwachs a somit in folgende Grenzen eingeschlossen

$$7{,}44 > a > 1{,}53\ ‰$$

Mittlere Ziffer der unehelichen Geburten	7,49 ‰
Mittlere Eheschliessungsziffer	8,66 ‰
Mittlere eheliche Fruchtbarkeit	2,65

III. Altersschichtung der Würzburger Bevölkerung.

Von 10000 Einwohnern Würzburgs befanden sich im Alter von

	0—15 J.	15—40 J.	40—60 J.	über 60 J.
1871:	2248	4960	2016	777
1875:	2371	4948	1947	734
1880:	2662	4675	1949	714
1885:	2616	4695	1956	734
1890:	2578	4781	1894	747

In Deutschland und Frankreich waren die entsprechenden Zahlen (cit. nach Brockh. Konv.-Lex. 14. Aufl. Art. Bevölkerung):

	0—15. J.	15—40 J.	40—60 J.	über 60 J.
Frankreich	2696	3858	2226	1220
Deutschland	3552	3812	1825	811

An Kinderarmut konnte sich also Würzburg recht wohl mit dem vielgenannten Frankreich messen. Jedoch ist der Schluss auf gleiche Ursachen des Faktums hier wie dort nicht berechtigt. Denn einmal

Digitized by Google

handelt es sich in Würzburg um eine städtische Bevölkerung, bei der ja allgemein die Altersklasse von 15—40 Jahren stark vertreten zu sein pflegt, so dass schon deshalb die anderen Altersklassen etwas zurücktreten müssen (bei Würzburg kommt hier die doppelte Eigenschaft als Universitäts- und Garnisonsstadt in Betracht); zweitens besteht die Kinderarmut in Würzburg wohl z. T. infolge der weniger zahlreichen Ehen und der in späterem Alter erfolgenden Eheschliessungen. Diese letzteren Erscheinungen, welche im Königreich Bayern auch sonst sich häufig zeigen, sind vielleicht noch eine Nachwirkung der früheren rigorosen im Jahre 1868 in liberalem Sinne umgeänderten Heimatgesetzgebung. In Frankreich dagegen besteht die Kinderarmut trotz zahlreicher Ehen und frühzeitiger Eheschliessungen. Dass in Frankreich die Ehen relativ frühzeitig geschlossen wurden, geht aus der Gegenüberstellung folgender Daten hervor (cit. nach Brockhaus, Art. Ehestatistik).

Es betrug das durchschnittliche Heiratsalter

		beider Eheleute	des Mannes	der Frau
Preussen	(1881/85)	28,2	29,4	27,1 Jahre
Bayern	(1881/85)	29,1	30,6	27,6 „
Frankreich	(1881/85)	27,5	29,6	25,4 „

Für Würzburg fehlt mir eine Berechnung des durchschnittlichen Heiratsalters. Jedoch geht aus einer früher angeführten Tabelle zum mindesten in Betreff eines Jahres hervor, dass die Ehen durchschnittlich später geschlossen werden als in Preussen, demnach sicher später als in Frankreich.

Die Thatsache der weniger zahlreichen Ehen ergiebt sich daraus, dass in Frankreich auf 10000 Einwohner trafen:

	5276 Ledige	3944 Verheiratete	780 Verwitwete u. Geschied.
in Würzburg i. J. 1871	6730 „	2670 „	600 „ „ „
i. J. 1900	6279 „	3081 „	640 „ „ „

IV. Die Totgeborenen.

Die Totgeborenen sind bisher nicht berücksichtigt worden, weder unter der Zahl der Geborenen, noch unter den Gestorbenen, doch verdienen sie eine kurze Erwähnung, da in einer Bemerkung des Berichts über 1871/75 Dr. *Ottmar Hofmann* auf das relativ häufige Vorkommen von Totgeburten aufmerksam machte. In der That trafen in Würzburg im Jahrzehnt 1871—1880 auf 100 Gesamtgeburten 4,49 Totgeburten, im Jahrzehnt 1881—1890 3,36 Totgeburten. Die

Digitized by Google

entsprechenden Zahlen für das Deutsche Reich sind 4,0 und 3,7. Im Jahrzehnt 1891—1900 trafen in Würzburg auf 100 Gesamtgeburten nur mehr 2,95 Totgeburten. Um die Abnahme der Ziffer der Totgeborenen zu erklären, stehen die Angaben der Hebammentabellen für die Jahre 1877/81, 1883/85 und 1887 zur Verfügung. Soweit sich auf dies spärliche Material ein Urteil gründen lässt, ist vor allem die Abnahme der Geburtssterblichkeit bei irregulären Kindeslagen von Bedeutung. Dieses Ergebnis würde der Ausdruck eines Fortschrittes in der praktischen Geburtshilfe sein.

V. Kindersterblichkeit.

Wie die Sterblichkeit der Gesamtbevölkerung, so ist auch die Kindersterblichkeit im Laufe der 32 in Betracht gezogenen Jahre erfreulicherweise zurückgegangen. Aus der hierher gehörigen Tabelle ergiebt sich ferner die auch sonst allenthalben beobachtete Übersterblichkeit der männlichen Kinder gegenüber den weiblichen, so wie der unehelichen gegenüber den ehelichen. Was das letztere Verhältnis anbetrifft, haben die angegebenen Zahlen allerdings nur einen geringen Wert. Denn bei Berechnung der Sterblicheit der unehelichen Kinder lassen sich verschiedene Fehlerquellen nach dem vorliegenden Material nicht ausscheiden. Zunächst erhebt sich die Frage nach dem Einfluss der Entbindungsanstalt. Ein Teil von den in der Entbindungsanstalt Geborenen (nach *O. Hofmann*, Statistik 1878 26,3 %, nach *Gr. Schmitt* 1880/81 71%) verbleibt in der Stadt, müsste also mit in Betracht gezogen werden, da sonst die Sterblichkeit zu gross erscheinen würde. Werden aber sämtliche in der Entbindungsanstalt Geborene in Betracht gezogen, so erscheint die Sterblichkeit zu gering. Ich habe in meiner Tabelle nur die letztere Zahl angegeben, da nur zu deren Berechnung in den verschiedenen Heften das Material einigermassen fortlaufend und vollständig vorhanden war. Es giebt also die von mir aufgestellte Zahlenreihe nur den unteren Grenzwert. Der obere Grenzwert ist sehr viel höher (es lauten z. B. die beiden Werte für 1881: 22,5 % und 59,6 %). Der Fehler, den die Entbindungsanstalt bei der Berechnung der Sterblichkeit der ehelichen Kinder verursacht, ist weit geringer, da der Prozentsatz der ehelichen Geburten, welcher auf der Entbindungsanstalt trifft, lange nicht so bedeutend ist, als derjenige der unehelichen[1]). Zudem

[1]) Jedoch ist anzumerken, dass in den letzten Jahren die ehelichen Geburten in der Entbindungsanstalt stark zugenommen haben. 1871/75 waren es

Digitized by Google

bedingen noch die zahlreichen Legitimationen unehelich geborener Kinder durch nachträgliche Eheschliessung der Eltern eine Entlastung der Sterblichkeitsziffer der Unehelichen auf Kosten der Ehelichen. Falls man die einzelnen Jahre in Bezug auf Kindersterblichkeit vergleichen will, dürfte es am geratensten sein, die Mortalitätsziffer der ehelichen Kinder als Index für die allgemeine Kindersterblichkeit anzusehen.

Es zeigt sich auf der Tabelle wieder der üble Einfluss der Masern- und Keuchhustenepidemie des Jahres 1883. Als günstigstes Jahr zeigt sich das Jahr 1902, das letzte in Betracht gezogene, mit einer Mortalität der ehelichen Kinder in der Höhe von 14,7 % und einer allgemeinen Kindersterblichkeit von 15,6 % (beide Werte inkl. Entbindungsanstalt).

Für die zahlenmässige Darstellung des Einflusses der Ernährungsweise auf die Kindersterblichkeit fehlen sichere Grundlagen; denn die Angaben in den Hebammentabellen können bestenfalls nur darüber Auskunft geben, wie viele Mütter es versuchen, während des Wochenbettes ihre Kinder zu stillen. Inwieweit späterhin Versagen der Milch, Zeitmangel und sonstige Gründe das Stillen verhindern, darüber fehlen direkte Angaben. Immerhin ermöglicht der Umstand, dass in den Jahren 1877 bis 1897 bei den Todesfällen der Kinder unter einem Jahre Erhebungen über die Art der Ernährung angestellt wurden, ein Urteil darüber, ob die Sitte des Stillens in Würzburg während dieser Zeit ab- oder zugenommen hat.

Bezeichnen wir mit N die Zahl der gestillten Kinder, mit n die Todesfälle unter diesen, mit M die Zahl der ungestillten Kinder, mit m die Zahl der auf sie treffenden Todesfälle, mit μ das Verhältnis der Mortalitätsziffern Gestillter und Ungestillter so, ergiebt sich die Gleichung $\frac{n}{N} : \frac{m}{M} = \mu$

$$\text{Daraus folgt: } \frac{M}{N} = \mu \cdot \frac{m}{n}.$$

Es stellen sich jedoch einer Berechnung zwei Schwierigkeiten entgegen: 1. Wohin sind die zeitweise Gestillten zu rechnen?

Vom Jahre 1877 ab, wo die betreffenden Zahlen zum erstenmal ausgeschieden wurden, bis zum Jahre 1885 inkl. ist nämlich diese Rubrik beibehalten (mit Ausnahme der Jahre 1880 und 1882, wo

19, 1898/1902 dagegen 1071, das sind 0,376% bezw. 11,5 % der gesamten ehelichen Geburten in Würzburg.

Digitized by Google

überhaupt Angaben über die Ernährungsweise der verstorbenen Kinder fehlen). Für das Jahr 1886 fehlen überhaupt detailliertere Angaben über die Kindersterblichkeit, ebenso für die Jahre 1888 und 1890. Vom Jahre 1887 ab fehlt die Rubrik der zeitweise Gestillten, ohne dass man erfährt, ob sie von da ab zu den Gestillten oder zu den Nichtgestillten gerechnet wurden, bezw. wie sie auf beide Klassen verteilt wurden. Die Bezeichnung „zeitweise gestillt" mit der näheren Definition: „mindestens zwei Monate gestillt" kehrt dann in der Statistik von 1889 wieder, um hierauf endgiltig zu verschwinden. Dass aber diese Definition nicht die ursprüngliche sein konnte, ersieht man daraus, dass in den letzten Statistiken von 1877, 1878, 1881, 1883 auch im ersten Lebensmonat verstorbene Kinder unter der Rubrik der zeitweise gestillten angeführt sind.

Die zweite Schwierigkeit besteht darin, dass in den Statistiken für 1877 und 1878 zwar die Ausscheidung der verstorbenen Kinder nach der Ernährungsweise angebahnt ist, aber nur für einen Teil die Angaben vorlagen. Im Berichte für 1879 steht erstmals erwähnt, dass 45 Kinder als an Lebensschwäche und schon sehr bald nach der Geburt gestorben nicht in Betracht kommen. In gleicher Weise scheidet in den Statistiken für 1881 und 1883 eine Anzahl Kinder aus. In der Statistik für 1884 findet sich das Wort „bald" zum erstenmal näher definiert durch „in der ersten Woche". Für 1895 jedoch wurden keinerlei Abzüge notiert.

Ich verfahre nunmehr so, dass ich, um der zweiten Schwierigkeit aus dem Wege zu gehen, die Jahre vor 1879, sowie das Jahr 1895 aus der Berechnung fortlasse, der ersten Schwierigkeit begegne ich dadurch, dass ich die Berechnung zweimal durchführe; das eine Mal rechne ich die zeitweise Gestillten zu den Gestillten, das andere Mal zu den Nichtgestillten.

Beide Arten der Berechnung ergeben, dass die Sitte des Stillens bis zum Jahre 1897 in Würzburg stark abgenommen hatte. Dies Ergebnis gewinnt an Sicherheit, wenn wir bedenken, dass die praktisch wichtigsten Fortschritte in der Kinderheilkunde auf dem Gebiete der künstlichen Ernährung stattgehabt haben, dass also, wenn eine Änderung des Verhältnisses der Mortalitätsziffern Gestillter und Nichtgestillter eingetreten ist, dann wahrscheinlich in dem Sinne, dass die Mortalitätsziffer der Nichtgestillten im Vergleich zu derjenigen der Gestillten heruntergegangen ist (Wachsen des Faktors μ).

Auffällig ist die geringe Zahl verstorbener Nichtgestillter im Jahre 1892, während die Zahl der verstorbenen Gestillten unerwartet

Digitized by Google

I.

	Nichtgegestillte	Gestillte und zeitweitse Gestillte	
		absolut	in % der Nichtgest.
1879	194	93	47,9
1881	177	104	58,8
1883	168	116	69,0
1884	163	78	47,9
1885	167	80	47,9
1887	162	G 95	58,6
1889	177	83	46,9
1891	237	G 58	24,5
1892	179	G 148	82,7
1893	239	G 61	25,5
1894	208	G 61	29,3
1896	248	G 60	24,2
1897	326	G 58	17,8

Das Zeichen G bedeutet, dass es sich in dem betreffenden Jahrgang in dieser Spalte nur um im Berichte als Gestillte Verzeichnete handelt.

II.

	Nichtgestillte u. zeitweise Gestillte	Gestillte	
		absolute Zahl	in % der 1. Klasse
1879	208	79	38
1881	194	87	44,8
1883	196	88	44,9
1884	174	67	38,5
1885	178	69	38,8
1887	N 162	95	58,6
1889	203	57	28,1
1891	N 237	58	24,5
1892	N 179	148	82,7
1893	N 239	61	25,5
1894	N 208	61	29,3
1896	N 248	60	24,2
1897	N 326	58	17,8

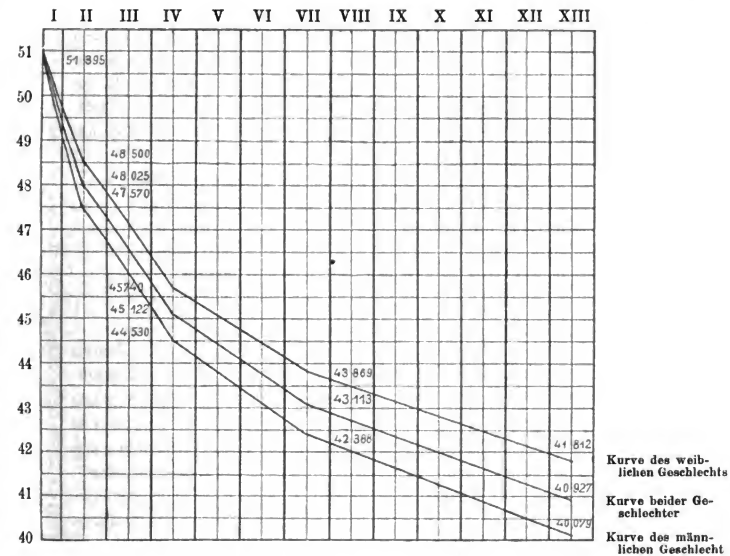
Das Zeichen N bedeutet Nichtgestillte, analog dem Zeichen G in der vorangehenden Tabelle.

Digitized by Google

hoch steigt. Man möchte vielleicht daran denken, dass die Choleraepidemie jenes Jahres mehr Mütter zum Stillen veranlasst hat; jedoch findet sich schon für die cholerafreien Monate eine verhält-

Kurve 2.

Mortalitätskurve des ersten Lebensjahres. Sterblichkeit in den einzelnen Lebensmonaten.



nismässig bedeutende Anzahl verstorbener gestillter Kinder verzeichnet.

Von einigem Interesse erschien es ferner, die grössere Sterblichkeit der männlichen Kinder im ersten Lebensjahre gegenüber derjenigen der weiblichen graphisch darzustellen. Die Gesamtzahl der Geburten in den 29 Jahren, welche für diese Darstellung brauchbare Angaben enthalten, beträgt 51 359. Es wurde berechnet, wie viele von diesen nach 1, 3, 6, 12 Monaten noch am Leben waren,

Digitized by Google

desgleichen wurden diese Daten für männliche und weibliche Lebendgeborene besonders berechnet. Die Gesamtzahl der männlichen betrug 26216, der weiblichen 25145. (Die übrigens belanglose Differenz der Summe aus beiden letzteren Zahlen gegenüber der Zahl der Gesamtgeburten beruht auf Widersprüchen der aus den Tabellen des statistischen Amtes entnommenen Zahlen mit denen der medizinischen Statistik der Stadt Würzburg.) Auch die Überlebendenziffern sind mit einem durch das Material bedingten Fehler behaftet. In den Berichten nämlich, in welchen die Kindersterblichkeit nach Monatsgruppen dargestellt wird, sind die einschlägigen Zahlen in den betreffenden Tabellen mit Einschluss der in der Entbindungsanstalt Verstorbenen angegeben, mit Ausnahme der Jahre 1876, 1877, 1878; in diesen Jahren sind die in der Entbindungsanstalt Verstorbenen nicht mitgezählt. Da jedoch der Fehler jedenfalls sehr gering ist, habe ich die betreffenden Zahlen ohne Korrektur addiert.

Es waren von den oben aufgezählten Lebendgeborenen noch am Leben

			männl.	weibl.	zus.
nach	1	Monat	24282	23745	48025
„	3	„	22730	22394	45122
„	6	„	21637	21478	43113
„	12	„	20458	20471	40927

Es ergiebt sich daraus, dass der Überschuss an männlichen Lebendgeborenen durch die erhöhte Sterblichkeit der männlichen Säuglinge ungefähr nach Verlauf eines Jahres zu Verlust gegangen ist.

Um einen einheitlichen Ausgangspunkt für die drei zu zeichnenden Kurven zu gewinnen, habe ich die Zahlen der Überlebenden männlichen und weiblichen Geschlechts berechnet für die Annahme, dass auch auf sie die Anfangszahl 51359 treffe (siehe Kurve 2).

Sehr bedauerlich ist es, dass es infolge der unsicheren Zahlengrundlage nicht möglich ist, in ähnlicher Weise die Übersterblichkeit der unehelichen Kinder gegenüber den ehelichen Kindern darzustellen. Zum Ersatz sollten die Tabellen über die Pflegekinder dienen; allein die Angaben, welche sich über diese in den Berichten finden, sind hierzu kaum zu verwenden. Denn zunächst sind die Sterbefälle unter den Pfleglingen, welche auf das erste Lebensjahr treffen, nur für das Jahr 1881 gesondert angegeben, sodann ist nicht angegeben, wie lange die Pfleglinge in Pflege standen, ferner ist zu bedenken, dass es den Pflegepersonen mitunter lästig sein wird, kränkelnde Kinder bei geringer Bezahlung in Pflege zu behalten

Digitized by Google

und dass sie gerne gerade diese, die Todeskandidaten unter den Pfleglingen, zu den Angehörigen abschieben werden. Für das Jahr 1881 kam *Gregor Schmitt* betreffs der Sterblichkeitsverhältnisse der Pflegekinder zu einem günstigen Urteil; doch glaube ich, dass sich ihm bei seiner Berechnung ein kleines Versehen eingeschlichen hat.

In Pflege befanden sich damals im ganzen 181 Kinder, davon 88 im ersten Lebensjahre. 17 wurden anderweitig untergebracht, von den verbleibenden 164 starben 58, darunter 39 im ersten Lebensjahre. Das wäre nach *Schmitt* eine Mortalität von 23,2%. Machen wir aber die günstigste Annahme, dass die 17 anderweitig untergebrachten Kinder alle über 1 Jahr alt waren, so beträgt die Mortalität für das erste Lebensjahr immer noch $\frac{39}{88} = 44{,}32\,\%$; machen wir die ungünstigste Annahme, dass jene 17 alle unter einem Jahre alt waren, so erhalten wir die Zahl $\frac{39}{71} = 54{,}93\,\%$. Diese beiden Grenzwerte deuten auf sehr ungesunde Verhältnisse, die im Jahre 1881 in Betreff der Pflegekinder bestanden haben müssen.

VI. Sterblichkeit der übrigen Altersklassen.

Die Abnahme der Kindersterblichkeit, die wir im vorigen Abschnitt konstatiert haben, ist z. T. die Ursache der Abnahme der Gesamtmortalität. Ob noch in anderen Altersklassen die Sterblichkeit abgenommen habe, wäre eine sehr interessante Frage. Doch fehlen zu ihrer Lösung die Grundlagen. Es fehlt zunächst die Darstellung der Altersschichtung der Würzburger Bevölkerung nach den Volkszählungen 1895, 1900, sowie eine detailliertere Darstellung für 1890. Zweitens ist für die Jahre vor 1877 die Mortalität in Beziehung auf das Alter nur mit Einschluss der Ortsfremden angegeben, in den letzten Jahren nur mit Ausschluss der Ortsfremden, in der Zwischenzeit beide Zahlen. Drittens fehlen die einschlägigen Angaben überhaupt für die Jahre 1882, 1886, 1888, 1890. Viertens fehlt die Ausscheidung nach dem Geschlechte für die Jahre 1884 und 1885. Zu ermitteln war mit diesem Material mit einiger Sicherheit von vergleichbaren Werten nur die mittlere Mortalität der einzelnen Altersstufen für eine Gruppe von fünf Jahren um das Jahr 1880 und für eine Gruppe von drei Jahren um das Jahr 1885.

Digitized by Google

Mittlere Sterblichkeitsziffer nach Alter und Geschlecht für die Jahre 1878, 1879, 1880, 1881, 1883.

	Mortalität auf 1000		
Altersstufen	m.	w.	zus.
1 J.	335,6 ‰	267,3 ‰	300,9 ‰
2—5 „	49,2 „	44,9 „	47,0 „
6—10 „	9,9 „	8,9 „	9,4 „
11—20 „	5,2 „	6,5 „	5,8 „
21—30 „	9,0 „	10,4 „	9,6 „
31—40 „	16,3 „	14,3 „	15,2 „
41—50 „	23,3 „	17,0 „	19,9 „
51—60 „	38,6 „	28,5 „	32,7 „
61—70 „	68,7 „	52,2 „	58,5 „
71—80 „	165,2 „	137,9 „	148,3 „
81—100 „	301,1 „	287,9 „	293,9 „

Mittlere Sterblichkeitsziffern nach Alterstufen für die Jahre 1884, 1885 und 1887.

1 J.	284,1 ‰
2—5 „	42,9 „
6—10 „	6,5 „
11—20 „	5,8 „
21—30 „	8,1 „
31—40 „	14,4 „
41—50 „	22,2 „
51—60 „	31,8 „
61—70 „	57,5 „
71—80 „	117,8 „
81—100 „	262,4 „

Nach dem Ergebnis dieser Zusammenstellung hätte sich in der That die Sterblichkeit während des kurzen in Betracht gezogenen Zeitraums in nahezu allen Altersstufen vermindert.

VII. Die Lungentuberkulose als Todesursache.

Ein besonderes Interesse in der Würzburger Mortalitätsstatistik beansprucht die Lungentuberkulose; denn Würzburg zeigte eine in Anbetracht seiner gering entwickelten Industrie ziemlich hohe Zahl von Todesfällen infolge dieser Krankheit. Jedoch ist nunmehr zu konstatieren, dass die Zahl im Verhältnis zur Einwohnerschaft stark heruntergegangen ist. Infolgedessen treffen, soweit sich Angaben

Digitized by Google

darüber in den Berichten finden, auf die Jahre 1896, 1898, 1900 trotz beträchtlich erhöhter Einwohnerzahl auch absolut weniger Sterbfälle an Lungentuberkulose auf die einheimische Bevölkerung, als in dem Zeitraum von 1876 ab bis dahin.

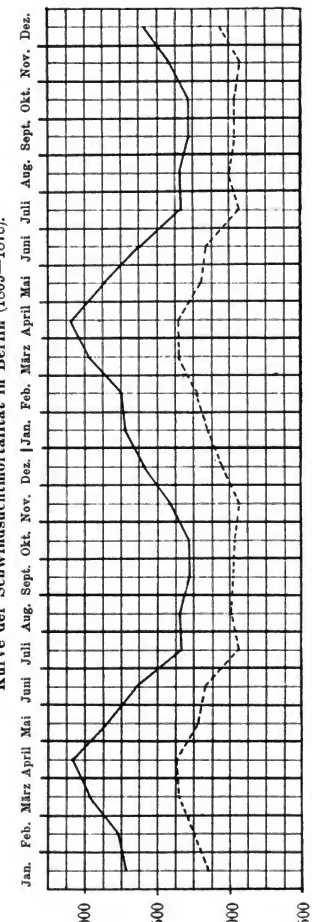
Um nun einen genaueren Einblick in die Bedingungen zu gewinnen, welche die Tuberkulosesterblichkeit in Würzburg erhöhten, habe ich zunächst, soweit mir die Daten zur Verfügung standen, die einzelnen Fälle nach Geschlecht und Monaten gesondert verzeichnet. Es war infolgedessen allerdings die Gefahr vorhanden, dass durch die Kleinheit der sich ergebenden Zahlen die in Wirklichkeit bestehenden Gesetze verschleiert, bezw. falsche vorgetäuscht würden. Um das zu vermeiden, habe ich entsprechende Daten der Städte Berlin und Budapest zum Vergleiche herangezogen, dabei aber bemerkt, dass die Verhältnisse der Tuberkulosesterblichkeit in diesen Städten etwas anderen Regeln zu folgen scheinen als in Würzburg. In Budapest starben an Lungentuberkulose in den Jahren 1886 bis 1895: 15082 Männer und 10930 Weiber, d. h. von 1000 Verstorbenen waren 580 Männer und 420 Weiber. In Berlin starben an Schwindsucht 1869—1878 18918 Männer und 13116 Weiber, d. h. von 1000 Verstorbenen waren 591 Männer und 409 Weiber.

In Würzburg starben in den 18 Jahren, für welche mir die entsprechenden Angaben vorlagen, an Lungentuberkulose 2305 Männer und 2172 Weiber, also von 1000 waren 515 Männer und 485 Weiber. Dabei ist aber in Würzburg der Überschuss des weiblichen Teiles der Bevölkerung über den männlichen ein relativ geringer. Dies Ergebnis bedeutet, dass ein Komplex von Ursachen, die anderwärts dahin zu wirken vermögen, dass besonders das männliche Geschlecht von der Lungentuberkulose decimiert wird, für Würzburg z. T. in Wegfall kommt, oder aber gegenüber anderen Ursachen in den Hintergrund tritt. Meines Erachtens ist jener Komplex von Ursachen in dem Überwiegen der industriellen Thätigkeit der Männer gegenüber jener der Frauen zu suchen.

Schauen wir uns die Verteilung auf die einzelnen Monate an, so ergiebt sich für Berlin und für Budapest eine sehr ähnliche Kurve, eine Wellenlinie mit Wellenberg im März, April, Mai und Wellenthal im August, September, Oktober. Der Hauptunterschied der mittleren Berliner und der Budapester Tuberkulosemortalität besteht in dem Verhalten des Monats August. Während nämlich in Budapest in diesem Monat die Sterbeziffer der Lungentuberkulose für beide Geschlechter noch ziemlich stark sinkt, hält sich in Berlin die Kurve des männ-

Digitized by Google

Kurve 3 a.



Digitized by Google

Kurve 3 b.

Kurve der Lungentuberkulosemortalität in Budapest (1886–1895).

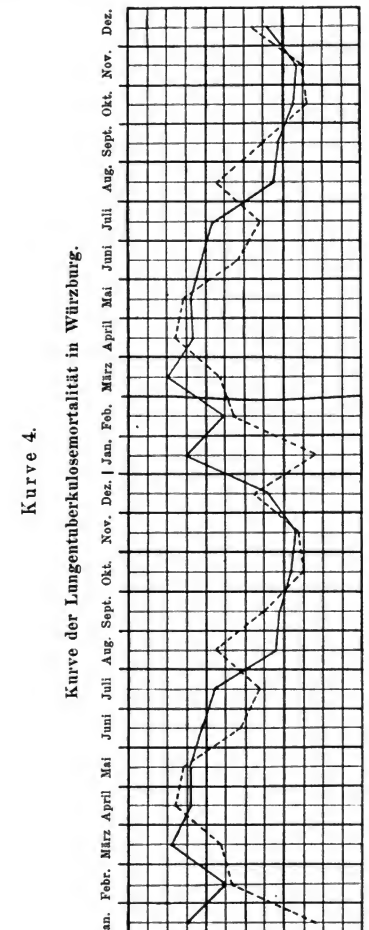
Alle Monate auf 31 Tage ausgedehnt.
Zahlen demgemäss berechnet.

——— Männer
..... Weiber

Digitized by Google

Kurve 4.

Kurve der Lungentuberkulosemortalität in Würzburg.



Summe aus 13 Jahren (1879, 1881, 1883, 1886/87, 1889, 1891—1897).

Alle Monate auf 31 Tage ausgedehnt.

Zahlen demgemäss berechnet.

—— Männer

---- Weiber

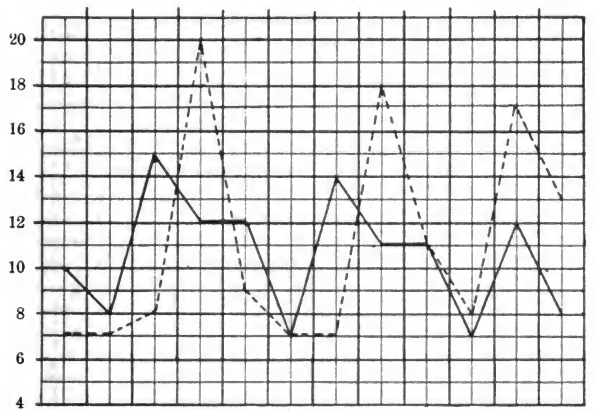
Digitized by Google

lichen Geschlechts in gleicher Höhe, pie Kurve des weiblichen Geschlechts steigt sogar ein wenig an.

Deutlicher zeigt sich ein Ansteigen der Kurve des weiblichen Geschlechts im August bei der Würzburger Tuberkulosemortalität. Die Kurve erhält dadurch ein besonderes Gepräge. In der männ-

Kurve 5a.

Kurve der Lungen-Tuberkulose-Mortalität in Würzburg.
(Zugehörige Zahlen siehe Tabelle III.)



im Jahre 1893.

——— Männer
Weiber

lichen Kurve ist das auffälligste, dass im Juni und Juli nur eine geringe Senkung vorhanden ist im Vergleich zu Budapest und Berlin. Es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass diese beiden relativen Höhelagen beider Kurven denselben Gründen ihren Ursprung verdanken. Ich würde allerdings in Anbetracht der beim Operieren mit so kleinen Zahlen nötigen Vorsicht im Schlüsseziehen, diesen Gedanken nicht einmal geäussert haben, wenn nicht beim Konstruieren der einzelnen Jahreskurven der Würzburger Tuberkulose-

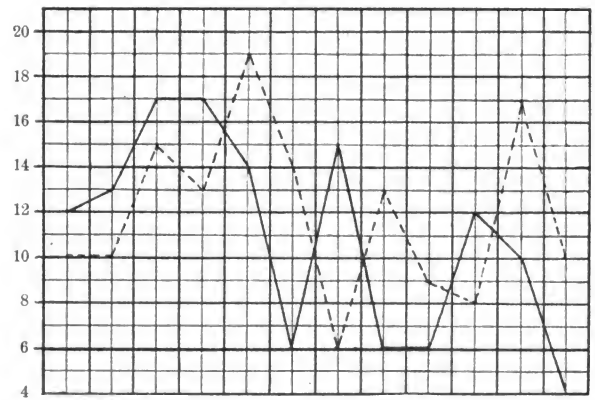
Digitized by Google

mortalität sich einzelne Zeichnungen ergeben hätten, wo regelmässig ein Gipfel der weiblichen Kurve ein bis zwei Monate auf einen Gipfel der männlichen folgte. Die zwei eklatantesten Beispiele habe ich beigefügt.

Halten wir an dieser Annahme fest, so ergäbe sich daraus, dass das weibliche Geschlecht einem besonders in Würzburg sich geltend

Kurve 5 b.

Kurve der Lungentuberkulose-Mortalität in Würzburg.
(Zugehörige Zahlen siehe Tabelle III.)



im Jahre 1883.

——— **Männer**
..... **Weiber**

machenden letzten Anstoss zum schliesslich tödlichen Ausgange der Lungentuberkulose im allgemeinen einen zäheren Widerstand entgegensetzt, als das männliche, ganz abgesehen davon, welcher Art dieser Anstoss sein mag. Die Wahrscheinlichkeit dieses Satzes wird gesteigert durch die Tatsache, dass die Frauen durchschnittlich in einem früheren Lebensalter der Tuberkulose zum Opfer fallen, wie wir nachher sehen werden, dass sie also noch mit einem grösseren

Digitized by Google

Vorrat an Kraft in das letzte Stadium des Kampfes mit der Krankheit eintreten. Welches nun der Anstoss zum schliesslichen Ende sei, darüber lassen sich freilich nur Vermutungen anstellen. Die Kurven gestatten natürlich auch keinen Schluss nach der Richtung hin, zu welcher Zeit die Wendung zum Schlimmeren eintritt.

Für eine Ausscheidung der Sterbefälle an Lungentuberkulose nach dem Lebensalter fanden sich für 17 Jahre brauchbare Angaben: 1877—1879, 1881, 1883—1887, 1889, 1891—1897. Mit Ausnahme der Jahre 1878, 1884 und 1885 sind auch die Geschlechter ausgeschieden. Wegen dieser Ausnahmen kann natürlich in folgender Tabelle die Summe aus den Todesfällen, welche auf Männer und auf Weiber treffen, nicht die angegebene Gesamtsumme der Todesfälle erreichen.

Lebensalter	Todesfälle an Lungentuberkulose		
	m.	w.	zus.
1 Jahr	21	25	46
2— 5 Jahre	58	49	127
6—10 „	25	53	89
11—20 „	174	221	470
21—30 „	352	380	902
31—40 „	395	353	911
41—50 „	337	251	745
51—60 „	278	205	577
61—70 „	135	135	317
71—80 „	36	48	103
über 80 „	3	4	8

Eine Darstellung der Gefährdung der einzelnen Altersklassen der Bevölkerung setzt als Bedingung eine Berechnung der durchschnittlichen Altersschichtung der Bevölkerung während des betreffenden Zeitraums voraus. Diese zu berechnen reichte, wie schon bei früherer Gelegenheit betont wurde, das vorliegende Material nicht aus. Ich habe jedoch, um eine annähernd richtige Vorstellung zu gewinnen, die Todesfälle auf die 17fache resp. bei der Ausscheidung nach dem Geschlecht auf die 14fache Grösse der Altersklassenbesetzung des Jahres 1885 bezogen. Es mag auf diese Weise wohl die Gefährdung der einzelnen Altersklassen beim Vergleich mitein-

Digitized by Google

ander in nur wenig verzerrtem Bilde erscheinen, eine Vergleichung mit der Gefährdung in anderen Städten ist aber natürlich ausgeschlossen.

Es starben auf 1000 Lebende der betreffenden Altersklasse an Lungentuberkulose:

Lebensalter	Todesfälle auf 1000 Lebende		
	m.	w.	zus.
1 Jahr	2,83	3,39	2,56
2— 5 Jahre	2,23	1,88	2,01
6—10 „	0,736	1,49	1,06
11—20 „	2,28	3,19	2,66
21—30 „	3,52	4,99	4,21
31—40 „	8,60	6,00	7,16
41—50 „	8,82	5,06	6,99
51—60 „	9,99	5,86	7,56
61—70 „	9,62	5,89	7,07
71—80 „	5,83	4,84	5,27
über 80 „	1,93	2,07	1,89

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass bis in das 3. Lebensdecennium inkl. eine grössere Gefährdung der Weiber besteht (abgesehen von den Zahlen für die frühesten Lebensjahre, die zu klein sind, um ihnen eine Bedeutung beizumessen); dass diese Übersterblichkeit der Weiber in den fünf folgenden Decennien einer Übersterblichkeit der Männer Platz macht in einer Weise, dass im ganzen die Männer als mehr durch die Tuberkulose gefährdet erscheinen. Die Übersterblichkeit der Weiber in den drei ersten Lebensdecennien dürfte wohl durch das den Organismus tiefer erschütternde Geschlechtsleben bedingt sein. Analog würde sich auch das Sinken der weiblichen Mortalitätsziffer beim Übergang vom 4. ins 5. Lebensdecennium erklären lassen. Sehr auffällig ist das starke Ansteigen der männlichen Mortalitätsziffer beim Übergang vom 3. ins 4. Lebensdecennium.

Digitized by Google

VIII. Die akuten entzündlichen Krankheiten der Atmungsorgane als Todesursache.

Neben der Lungentuberkulose waren es die akuten entzündlichen Krankheiten der Atmungsorgane, welche als Todesursache das Interesse der Darsteller der Würzburger Bevölkerungsstatistik besonders in Anspruch nahmen; denn auch die Zahl der Todesfälle an dieser Krankheit war eine auffällig hohe. Leider hat sie nicht in dem Masse abgenommen, wie die Zahl der infolge von Lungentuberkulose Verstorbenen. Auch sonst stellen sich interessante Unterschiede gegenüber der Sterblichkeit der Lungentuberkulose heraus. Zunächst bei der Kurve der Verteilung der Sterbefälle auf die einzelnen Monate, für deren Konstruktion mir die Angaben aus 11 Jahren zur Verfügung stehen. Bezeichne ich die Kurve der Sterblichkeit an Lungentuberkulose als Kurve Nr. I, die der Sterblichkeit an den uns hier beschäftigenden Krankheiten als Kurve Nr. II, so zeigt sich, dass zwar Aufstieg und Abstieg beider Kurven nicht gleichmässig sind, dass aber Aufstieg wie Abstieg in beiden Kurven ungefähr in derselben Anzahl von Monaten stattfindet, und dass die entsprechende Bewegungstendenz in Kurve I 1—2 Monate später einsetzt und 1—2 Monate später ihr Ende erreicht als in Kurve II; ferner ist in Kurve II Gipfel und Einsenkung spitzer als in Kurve I, und drittens ist der Wechsel der Jahreszeiten von tiefergreifendem Einfluss in Kurve II. Trotz dieser Verschiedenheiten beider Kurven ist die Möglichkeit nicht auszuschliessen, dass das die Todesziffer erhöhende Moment in beiden das gleiche ist. Wir brauchen nur den Gedanken zu verfolgen, dass eine Schädigung, welche die Mehrzahl vorher Gesunder nach vorübergehender Erkrankung ohne weitere üble Folgen zu verwinden im stande ist, bei einer grossen Zahl von tuberkulösen Individuen das Krankheitsbild wesentlich verschlimmern kann, so dass der Tod, auch wenn er erst nach Monaten eintritt, doch noch als Folge dieser Schädigung erscheint.

Bei Konstruktion der Jahreskurve für männliches und weibliches Geschlecht gesondert — hier standen nur für neun Jahre die Angaben zur Verfügung — fand sich beim weiblichen Geschlecht wieder der auffällige Gipfel für den Monat August, der bei der Tuberkulosesterblichkeit schon bemerkt worden war.

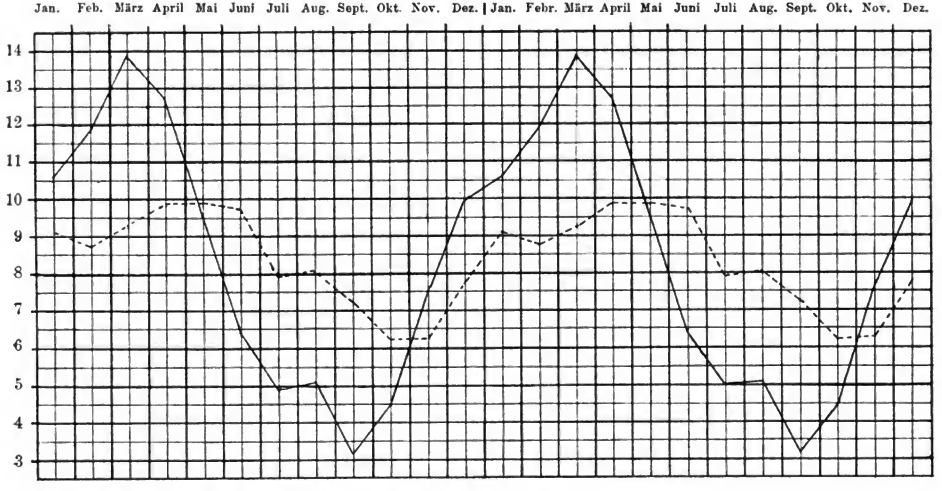
Die Verteilung der Sterbefälle nach Alter und Geschlecht zeigt hier ein wesentlich anderes Bild als die analoge Einteilung bei der Lungentuberkulose. Verwendbar waren nur die Angaben für

Digitized by Google

Kurve 6.

Kurven zur Vergleichung der Mortalität an entzündlichen Krankheiten der Atmungsorgane und an Lungentuberkulose.

Prozentuale monatliche Verteilung der Sterbefälle an Tuberkulose und an entzündlichen Krankheiten der Atmungsorgane (alle Monate auf 31 Tage verlängert).



9,11%	8,74	9,27	9,88	9,86	9,72	7,94	8,01	7,24	6,21	6,28	7,75
10,6%	11,9	13,9	12,7	9,48	6,39	4,95	5,05	3,14	4,48	7,58	9,95

—— entzündliche Krankheiten der Atmungsorgane
Lungentuberkulose

Digitized by Google

zehn Jahre, bezw. bei der Ausscheidung nach dem Geschlecht nur für neun Jahre. Darum entspricht in folgender Tabelle wie bei der früher angegebenen Tabelle der Todesfälle infolge Lungentuberkulose die Summe nicht den beiden angegebenen Summanden.

Es starben in den Jahren 1879, 1881, 1883, [1884], 1886, 1887, 1889, 1891, 1892, 1893

im Alter von	an entzündlichen Krankheiten der Atmungsorgane		
	m.	w.	zusammen
1 Jahr	294	247	593
2— 5 Jahre	176	164	374
6—10 „	12	10	26
11—20 „	9	6	17
21—30 „	37	16	54
31—40 „	17	25	45
41—50 „	30	35	75
51—60 „	48	47	103
61—70 „	84	111	217
71—80 „	77	103	190
81 und mehr „	38	38	81

In analoger Weise wie bei der Lungentuberkulose habe ich auch hier die Gefährdung der einzelnen Altersklassen auf Grundlage der Volkszählung d. J. 1885 berechnet. Für die Bewertung des Ergebnisses gilt dieselbe Überlegung wie dort.

Lebensalter	Todesfälle an entzündl. Krankh. der Atmungsorgane auf 1000 Lebende der betr. Klasse		
	m.	w.	zus.
1 Jahr	61,6	52,2	56,2
2— 5 Jahre	10,5	9,81	10,1
6—10 „	0,550	0,439	0,524
11—20 „	0,184	0,135	0,164
21—30 „	0,575	0,327	0,429
31—40 „	0,576	0,661	0,602
41—50 „	1,22	1,10	1,20
51—60 „	2,68	2,09	2,30
61—70 „	9,31	7,53	8,22
71—80 „	19,4	16,2	16,5
81 und mehr „	38,0	30,6	32,5

Digitized by Google

Wir sehen hier die ganz erstaunliche Mehrgefährdung der jüngsten und der ältesten Klassen, die sehr geringe Gefährdung der mittleren Klassen und die in nahezu allen Altersklassen grössere Gefährdung der Männer.

IX. Mortalität an anderen Krankheiten.

Eine Anzahl von wichtigeren Todesursachen sind in sämtlichen Statistiken mit Ausnahme derer von 1880, 1882, 1886, 1888, 1890 nach der absoluten Zahl der auf sie treffenden Todesfälle ausgeschieden. Ich beschränke mich darauf, hier, soweit dies angängig, die im Quinquennium 1871/75 vorgekommenen Todesfälle den auf das Quinquennium 1898/1902 treffenden gegenüberzustellen. Leider ist in dem Bericht über 1871/75 nicht angegeben, ob die betreffenden Zahlen mit oder ohne Einschluss der Ortsfremden zu verstehen sind; bei den Zahlen für 1898—1902 sind die Ortsfremden mit inbegriffen. Sollte das im ersten Quinquennium, wie ich aus verschiedenen Gründen vermute, nicht der Fall gewesen sein, so wäre die Besserung der Gesundheitsverhältnisse, welche wir auch so schon konstatieren können, eine noch eklatantere.

Die erste Zahl in folgender Reihe giebt den Wert für das 1. Quinquennium, die zweite für das letzte Quinquennium.

Es starben:

an	Lebensschwäche	Typhus
I.	209 (9,98)	113 (5,39)
II.	422 (11,3)	38 (1,01)
	Kindbettfieber	Blattern
I.	38 (1,81)	84 (4,01)
II.	8 (0,214)	0 (0)
	Scharlach	Diphtherie
I.	66 (3,15)	130 (6,20)
II.	18 (0,481)	24 (0,641)
	Masern	Keuchhusten
I.	34 (1,62)	50 (2,39)
II.	131 (3,50)	138 (3,68)
	Cholera	chron. Herzleiden
I.	38 (1,81)	176 (8,40)
II.	0 (0)	510 (13,6)
	Gehirnschlagfluss	Magenkrebs
I.	236 (11,3)	62 (2,96)
II.	355 (9,48)	125 (3,34)

Digitized by Google

	Altersschwäche
I.	352 (16,8)
II.	491 (13,1)

In Klammern ist angegeben, wie viel Todesfälle an der betreffenden Krankheit im jährlichen Durchschnitt auf je 10000 Einwohner treffen.

Demnach hat die Sterblichkeit an Typhus, Kindbettfieber, Scharlach und Diphtherie stark abgenommen. Blattern und Cholera haben seit 1873 keinen Todesfall mehr verursacht. Masern und Keuchhusten haben dagegen im letzten Quinquennium mehr Opfer gefordert als im ersten. Chronische Herzleiden nebst Gehirnschlagfluss und Altersschwäche zeigen zusammen in beiden Quinquennien im Verhältnis zur Zahl der Lebenden ungefähr dieselbe Mortalität. Was den Magenkrebs anbelangt, so hindert die Unsicherheit darüber, ob im ersten Quinquennium Ortsfremde mit eingerechnet sind oder nicht, die Entscheidung, ob in der That eine relative Vermehrung der durch ihn herbeigeführten Todesfälle stattgefunden habe oder nicht.

Auf die Gegenüberstellung der Zahlen für gewisse Krankheiten des Säuglingsalters muss ich verzichten, da sich für diese in den Berichten selbst zwei Reihen von Angaben finden, die sich häufig widersprechen. Die erste Tabelle — ich nenne sie Tabelle I — findet sich ausgeschieden in dem jeweiligen Abschnitt über Kindersterblichkeit nach Todesursachen, die zweite — Tabelle II — in dem Abschnitt über Sterblichkeit nach Todesursachen. Es handelt sich um Fraisen der Kinder, Abzehrung der Kinder und Durchfall der Kinder. Eine weitere Schwierigkeit ergiebt sich durch die offenbare Verschiebung des Krankheitsbegriffs bei gleichem Wortlaut der Diagnose in eben diesem Gebiete. So wird z. B. für das Jahr 1878 die Diagnose „Durchfall der Kinder" auf Tabelle II näher definiert als „Darmkatarrh und Brechdurchfall". Diese Begriffsumgrenzung gilt aber vermutlich nicht für den Bericht 1898/1902; denn hier zählt der Verfasser unter der Diagnose Durchfall der Kinder auf Tabelle II für 1902 z. B. nur 78 Fälle auf, dagegen auf Tabelle I unter Brechdurchfall und Darmkatarrh 143 Fälle.

X. Morbiditätsstatistik.

Die Morbiditätsstatistik ruht auf schwachen Stützen, so lange nicht sämtliche Ärzte des betreffenden Bezirks die nötigen Angaben

Digitized by Google

liefern, insbesondere ist sie zu einer Vergleichung über längere Zeiträume ungeeignet, weniger deshalb, weil die Angaben nicht vollständig sind, als deshalb, weil der Grad, in dem sie vollständig sind, wechselt, je nach der Anzahl der sich an der Statistik beteiligenden Ärzte und der Ausdehnung ihrer Praxis. Brauchbar erscheint dagegen in wesentlich höherem Grade die Statistik der Krankenhäuser und Polikliniken, da nicht anzunehmen ist, dass der Kreis, aus dem ihre Patienten stammen, während des hier in Betracht kommenden Zeitraums im Verhältnis zur Bevölkerungszahl sich wesentlich vergrössert oder verkleinert habe.

So sind in den vorliegenden Heften mit Ausnahme weniger Jahre die Fälle von Krätze, Gonorrhöe und Syphilis verzeichnet, welche in den Spitälern und in der Poliklinik zur Behandlung kamen, seit 1894 auch die von zwei Spezialärzten behandelten Fälle von Syphilis und Gonorrhöe. Während Krätze und Syphilis, wie sich aus der nachfolgenden Tabelle ergeben wird, stark abgenommen haben, gilt dies nicht in gleichem Masse für die Gonorrhöe. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Überwachung der Prostitution das günstige Resultat bei der Syphilis herbeigeführt hat; dass bei der Gonorrhöe nicht derselbe Erfolg erzielt wurde, wäre nicht verwunderlich bei der mitunter enormen Schwierigkeit der Diagnose, welche die Ausschaltung mancher Ansteckungsquelle unmöglich machen wird.

Es kamen in den bezeichneten Heilanstalten zur Behandlung:

	Krätze	Gonorrhöe	Syphilis
1883/87	1239	1220	1544
1898/1902	762	1166 (1827)	819 (1367)

In Klammern befinden sich die Zahlen, die sich für das letzte Quinquennium ergeben bei Einrechnung der von oben erwähnten Spezialärzten Behandelten.

Auf 1000 Einwohner trafen demnach in Jahresdurchschnitt in den bezeichneten Anstalten Behandelte:

	Krätze	Gonorrhöe	Syphilis
1883/87	4,53	4,46	5,65
1898/1902	2,03	3,11 (4,88)	2,19 (3,65)

Die Zahlen, welche für etwa denselben Zeitraum für die an akuten Erkrankungen der Atmungsorgane und an Tuberkulose behandelten Patienten der öffentlichen Heilanstalten angegeben sind, erscheinen im Laufe der Jahre doch zu verschieden, um nicht a priori den Verdacht einer verschiedenen Zählungsmethode

Digitized by Google

in den einzelnen Jahren zu erwecken, wenigstens in Betreff der Poliklinik. Sonst wäre es wohl schwer zu erklären, dass z. B. im Jahre 1885 die Poliklinik 65 Patienten mit akuten Erkrankungen der Atmungsorgane hatte, im Jahre 1902 dagegen 3037 Patienten mit diesen Erkrankungen (vom Jahre 1899 mit 5448 Erkrankungen, welche z. T. infolge von Influenza und Masern auftraten, sehe ich dabei noch ab). Wegen dieses Verdachtes der ungleichmässigen Zählung verzichte ich auf eine Verwertung der betreffenden Angaben.

Die Morbiditätsstatistik der Infektionskrankheiten, welche vom ärztlichen Bezirksverein betätigt wurde, ist aus dem oben angeführten Grunde zu einem Vergleich der einzelnen Jahre nicht geeignet, oder doch nur insoweit, als ganz wesentliche Veränderungen der Zahlen vorliegen, welche dann das Auftreten bezw. Erlöschen einer Epidemie anzeigen. Zudem beginnt diese Statistik erst im Jahre 1884, während für die Jahre 1881 und 1883 in Bezug auf einzelne Infektionskrankheiten einige Angaben vorliegen als das Resultat mehr privater Bemühungen der Verfasser der betreffenden Berichte. Immerhin haben wir, da für eine Reihe von Jahren eine Ausscheidung nach den einzelnen Monaten vorliegt, für eine geringere Reihe von Jahren auch eine Ausscheidung nach dem Lebensalter, Anhaltspunkte für die vergleichende Darstellung der Häufigkeit der Infektionskrankheiten in den einzelnen Monaten, und für die vergleichende Darstellung der Erkrankungswahrscheinlichkeit der einzelnen Altersklassen. Ich verzichte auf eine Darlegung der Ergebnisse für Ruhr, Intermittens, Kindbettfieber, Cerebrospinalmeningitis, gonorrhoische Bindehautentzündung der Neugeborenen, Röteln, akuten Gelenkrheumatismus und Pyämie wegen der Kleinheit der zu Gebote stehenden Zahlen, ferner auf die Darstellung der monatlichen Verteilung der Masernfälle, weil die Präponderanz der Epidemie des Jahres 1883 sich zu stark bemerkbar machen würde gegenüber den kleineren Werten für die übrigen Jahre. Bei den neun für die Betrachtung verbleibenden Infektionskrankheiten zeigt den entschiedensten Einfluss der Jahreszeit der Brechdurchfall. Am anschaulichsten erhellt das aus den Kurven, welche mit Hilfe meiner Tabelle über „die prozentuale Verteilung der Morbidität der Infektionskrankheiten auf die einzelnen Monate“ zu konstruieren, ich dem Leser überlasse. Bei geeigneter Wahl des Koordinatenverhältnisses zeigt die Sommererhöhung der betreffenden Morbiditätskurve nahezu die Form eines Obeliskenlängsschnittes, während die Erhebungen der anderen Kurven mehr dem Längsschnitt einer spitzen oder abgestumpften Pyramide

Digitized by Google

gleichen. Jene Kurvenform ist der Ausdruck des raschen Emporschnellens und Absinkens der Erkrankungsziffer an Brechdurchfall. Ferner steht die Kurve isoliert da durch das Auftreten des Gipfelpunktes im August, während die übrigen Krankheitskurven vom Dezember bis zum Mai kulminieren. Nur die Typhuskurve zeigt insofern eine Ähnlichkeit mit der Kurve des Brechdurchfalls, als bei ihr der Gipfel im September erscheint.

Von den sonstigen Kurven ist noch diejenige der Diphtherie, der Varicellen und der croupösen Pneumonie ziemlich gut ausgeglichen, während Scharlach, Keuchhusten, Mumps, Erysipel und Typhus nicht unbeträchtliche Monatsschwankungen zeigen, die vermutlich z. T. verschwinden würden, wenn ein reichlicheres Beobachtungsmaterial zur Darstellung gebracht werden könnte. Überrascht hat mich bei der Zeichnung der Kurven vor allem der deutliche Einfluss der Jahreszeit auf die Erkrankung an Varicellen.

Bei der vergleichenden Darstellung der Erkrankungswahrscheinlichkeit der einzelnen Altersklassen halte ich mich wieder an die Alterschichtung der Bevölkerung des Jahres 1885. Die Resultate sind im allgemeinen keine überraschenden, allenfalls erscheint es erstaunlich, dass die Erkrankungsgefahr an croupöser Pneumonie im ersten Lebensjahr am bedeutensten ist. Selbstverständlich können die angegebenen Zahlen nur zum Vergleich untereinander dienen. Um die wirkliche Erkrankungsgefahr zu bestimmen, müssten sie mit einem mir unbekannten Faktor multipliziert werden, der den Wert des Verhältnisses der in Würzburg vorkommenden Krankheit zur Praxisausdehnung der an der Statistik beteiligten Ärzte darstellt; des weiteren wäre durch Berechnung eine mittlere Altersschichtung der Bevölkerung für die in Betracht gezogenen Jahre festzustellen.

XI. Schlussbemerkungen.

Ein interessantes Kapitel wäre es noch, die einzelnen Phasen der Bevölkerungsbewegung, ausgeschieden nach den einzelnen Stadtvierteln, zu vergleichen. Die Zahlen darüber liegen ziemlich vollständig vor; die grösste Lücke bilden die Jahre 1898—1902, da hier absichtlich keinerlei Ausscheidung in Hinsicht auf örtliche Verteilung bethätigt wurde. Besonders lehrreich würde eine Vergleichung mit der Würzburger Baugeschichte und mit den Tabellen über die sanitären Einrichtungen der Stadt Würzburg sein, wie sie für die Jahre 1883 und 1889 veröffentlicht sind; allerdings wären auch hierüber

Digitized by Google

neuerliche Erhebungen erforderlich. Von dem weiteren Inhalte der Berichte gestatten noch, abgesehen von den meteorologischen Abschnitten, die statistischen Angaben über die Ernährung eine zusammenfassende Darstellung. Damit würde dann der Inhalt der 14 Hefte, soweit er mir persönlich wertvoll erschien, und soweit die betreffenden Angaben keine allzugrosse Lückenhaftigkeit zeigen, in zusammenhängender Weise referiert sein.

Nochmals möchte ich darauf hinweisen, dass ich es für zweckmässig hielte, wenn in Zukunft die einzelnen Hefte der medizinischen Statistik der Stadt Würzburg in mehr einheitlicher Weise redigiert würden. Zunächst müssten schwankende Begriffe ein für allemal strikte definiert werden, zweitens dürfte in den Angaben für die einzelnen Jahre, soweit sie einander entsprechen sollen, nicht zuweilen für den einen Begriff ein anderer eingesetzt werden, so dass, wie es jetzt der Fall ist, in einem Jahr die Angabe der Todesfälle an einer bestimmten Krankheit z. B. mit Einschluss der Ortsfremden, im nächsten Jahre mit Ausschluss der Ortsfremden zu verstehen ist. Vor allem aber wäre es zu begrüssen, wenn nicht mehr Beobachtungsreihen plötzlich abgebrochen würden. Denn wenn auch die Ergebnisse eines bestimmten Ausscheidungsprinzips in den einzelnen Jahren an sich unsicher und zufällig erscheinen, so lassen sich doch durch Zusammenlegung der Zahlen mehrerer Jahre brauchbare Mittelwerte berechnen, und andererseits ergiebt sich auch bei fehlerhaften Angaben häufig, wenn nur stets dieselben Fehlerquellen vorliegen, doch wenigstens eine Vergleichbarkeit der einzelnen Jahre. Im besonderen wäre neben den im letzten Hefte veröffentlichten Daten zu wünschen: 1. eine detaillierte Veröffentlichung der Ergebnisse der Volkszählungen in Bezug auf Alterschichtung sowie auf die Bevölkerung der einzelnen Stadtteile, ferner in Bezug auf den Zivilstand, sowie auf die Kombination von Alter und Zivilstand. Reduktion der Bevölkerungszahlen auf den 1. Juli des betreffenden Jahres; 2. in der Ehestatistik Angaben über das Alter der Eheschliessenden; 3. in der Geburtsstatistik Angaben der Ursachen der Totgeburten auf Grund der Hebammentabellen, allenfalls auch über die Einstellung der Kinder zur Geburt, ferner die örtliche Verteilung der Geburten; 4. in der Statistik der Sterbefälle bei den im Alter von unter einem Jahr verstorbenen Kindern Angabe, ob sie gestillt wurden oder nicht; Angabe der Sterbefälle sowie der Sterbeziffer der unter einem Jahr alten Pflegekinder. Eine Statistik über die örtliche Verteilung der Sterbefälle. Eine spezielle Statistik der Todesfälle an

Digitized by Google

Tuberkulose sowie an akuten Erkrankungen der Atmungsorgane ausgeschieden einmal nach Lebensalter und Geschlecht, ferner nach monatlicher Verteilung und Geschlecht; 5. in der Morbiditätsstatistik Ausscheidung nach Monaten, nach dem Lebensalter, nach der Örtlichkeit. Das sind nahezu sämtlich Angaben, die wenigstens zeitweise in den früheren Heften standen, aber nach und nach weggelassen wurden. Durch die Wiederaufnahme dieser Daten würde eine bessere Anknüpfung an das früher Geleistete gewonnen.

Dass aber auch schon die vorliegenden mühsamen und zeitraubenden Berichte, welche die Verfasser der Würzburger medizinischen Statistik ohne Hilfskräfte in uneigennütziger Weise für die Stadt Würzburg geleistet haben, Stoff für manche interessante Betrachtung bieten und in Zukunft bieten werden, dürfte vorliegender bescheidener Versuch einer teilweisen Verwertung dieser Angaben beweisen.

Digitized by Google

Tabelle 2.

Tabelle der Kindersterblichkeit.

	Summe der Lebendgeburten	Lebendgeborene männlich	Lebendgeborene weiblich	Lebendgeborene eheliche	Lebendgeborene uneheliche	Von der Anzahl der Sterbefälle der Kinder unter 1 Jahr trafen auf die Lebendgeborenen überhaupt	männliche	weibliche	eheliche	uneheliche	In Prozenten jeder Kategorie überhaupt	männlich	weiblich	eheliche	uneheliche
1871	1150	592	558	832	318	403	208	195	254	149	35,0	35,1	34,9	30,5	46,9
1872	1357	689	668	1021	336	297	172	125	212	85	21,9	25,0	18,7	20,8	25,3
1873	1359	695	664	1007	352	323	166	157	214	109	23,8	23,9	23,6	21,3	31,0
1874	1391	712	679	1072	319	344	199	145	229	115	24,7	27,9	21,4	21,4	36,1
1875	1466	778	688	1117	349	362	204	158	237	125	24,7	26,2	23,0	21,2	35,8
1876	1623	853	770	1193	430	381	210	171	263	118	23,5	24,6	22,2	22,0	27,4
1877	1646	813	833	1188	458	358	187	171	228	130	21,7	23,0	20,5	19,2	28,4
1878	1577	807	770	1176	401	365	203	162	259 bis 265	106 bis 100	23,1	25,2	21,0	22,0 bis 22,5	26,4 bis 24,9
1879	1609	822	787	1196	413	332	187	145	225	107	20,6	22,7	18,4	18,8	25,9
1880	1556	789	767	1140	416	293	162	131	212	81	18,8	20,5	17,1	18,6	19,5
1881	1526	754	772	1113	413	342	191	165	249	93	22,4	25,3	21,4	22,4	22,5
1882	1517	802	715	1142	375	265	149	116	179	86	17,5	18,6	16,2	15,7	22,9
1883	1473	755	718	1077	396	317	165	152	226	91	21,5	21,8	21,2	21,0	23,0
1884	1557	824	733	1092	465	306	183	123	216	90	19,7	22,2	16,8	19,8	19,4
1885	1471	737	734	1080	391	290	149	141	194	96	19,7	20,2	19,2	18,0	24,6
1886	1570	783	786	1156	414	331					21,1				
1887	1541	788	753	1121	420	304	173	131	223	81	19,7	22,0	17,4	19,9	19,3
1888	1602	849	753	1203	399	320					20,0				
1889	1702	855	847	1254	448	311	168	143	214	97	18,3	19,6	16,9	17,1	21,7
1890	1645	864	780	1244	401	353					21,5				
1891	1804	926	878	1397	407	346	190	156	229	117	19,2	20,5	17,8	16,4	28,7
1892	1841	936	907	1426	415	380	207	173	295	85	20,6	22,1	19,1	20,7	20,5
1893	1895	968	927	1450	445	353	196	157	262	91	18,6	20,2	16,9	18,1	20,4
1894	2040	1048	992	1552	488	355	207	148	248	107	17,4	19,8	14,9	16,0	21,9
1895	2138	1111	1027	1634	504	408	234	174	283	125	19,1	21,1	16,9	17,3	24,8
1896	2172	1100	1072	1673	499	369	210	159	267	102	17,0	19,1	14,8	16,0	20,4
1897	2271	1120	1151	1775	496	446	222	224	326	120	19,6	19,8	19,5	18,4	24,2
1898	2264	1193	1071	1757	507	500	276	224	357	143	22,1	23,1	20,9	20,3	28,2
1899	2289	1131	1158	1820	469	448	242	206	335	113	19,6	21,4	17,8	18,4	24,1
1900	2362	1184	1178	1915	447	482	273	209	369	113	20,4	23,1	17,7	19,3	25,3
1901	2362	1204	1158	1910	452	421	232	189	321	100	17,8	19,3	16,3	16,8	22,1
1902	2400	1230	1170	1944	456	375	219	156	285	90	15,6	17,8	13,3	14,7	19,7

Digitized by Google

Ta-

	I			II	III		IV	V
		prozentualer Zuwachs			Geburten			
	Volkszählungen	a) für ein Volkszählungsintervall	b) für ein Jahr	Bevölkerungszahl reduziert auf den 1. Juli	a) in der Stadt	b) Entbindungsanstalt	Geburten Gesamtsumme exkl. Totgeborn.	Trauungen
					exkl. Totgeborne			
		%	%					
1871	40005	12,42	2,97	39520	916	234	1150	372
1872				40694	1104	253	1357	495
1873				41903	1128	231	1359	511
1874				43147	1178	213	1391	505
1875	44975	13,43	2,55	44428	1266	200	1466	512
1876				45640	1353	270	1623	435
1877				46804	1362	284	1646	428
1878				47999	1332	245	1577	407
1879				49223	1374	235	1609	378
1880	51014	7,83	1,52	50479	1284	272	1556	337
1881				51465	1234	292	1526	325
1882				52247	1263	254	1517	399
1883				53041	1205	268	1473	350
1884				53846	1219	338	1557	365
1885	55010	10,96	2,1	54665	1184	287	1471	419
1886				55681	1268	302	1570	410
1887				56851	1224	317	1541	445
1888				58046	1280	322	1602	500
1889				59266	1338	364	1702	430
1890	61039	12,63	2,41	60510	1316	329	1645	534
1891				61891	1453	351	1804	581
1892				63381	1510	331	1841	517
1893				64907	1521	374	1895	530
1894				66469	1589	451	2040	600
1895	68747	9,82	1,89	68069	1679	459	2138	612
1896				69553	1687	485	2172	608
1897				70817	1775	496	2271	602
1898				72157	1757	507	2264	680
1899				73522	1768	521	2289	658
1900	75497			74913	1844	518	2362	697
1901				76330	1790	572	2362	670
1902				77775	1775	625	2400	670

Digitized by Google

belle 1.

VI		VII		VIII		IX	X	XI
Sterbefälle exkl. Totgeborne		Geburtsziffern		Sterbeziffern		Eheschliessungsziffern	Ehelich. Fruchtbarkeit exkl. Totgeborene	Natürlicher Bevölkerungszuwachs VII b—VIII b
a) mit Ortsfremd.	b) in d. autochthon Bevölk.	a) mit Einschluss der Entbindungsanstalt	b) mit Ausschluss	a) mit Ortsfremden	b) in der autochthon. Bevölk.			
		exkl. Totgeborene		exkl. Totgeborene				
		‰	‰	‰	‰	‰		‰
1722	1367	29,10	23,18	43,57	34,59	9,41	2,24	—11,41
1290	1096	33,35	27,13	31,70	26,93	12,16	2,06	+0,20
1261	1084	32,43	26,92	30,09	25,87	12,19	1,97	+1,05
1298	1092	32,24	27,30	30,08	25,31	11,70	2,12	+1,99
1452	1203	33,00	28,50	32,68	27,08	11,52	2,18	+1,42
1412	1163	35,56	29,65	30,94	25,48	9,53	2,74	+4,17
1414	1202	35,17	29,10	30,21	25,68	9,14	2,78	+3,42
1473	1245	32,85	27,76	30,69	25,94	8,48	2,89	+1,82
1439	1227	32,69	27,91	29,23	24,93	7,68	3,16	+2,98
1362	1171	30,82	25,44	26,98	23,20	6,68	3,38	+2,24
1388	1190	29,65	23,98	26,97	23,12	6,32	3,42	+0,86
1234	1042	29,04	24,17	23,62	19,94	7,64	2,86	+4,23
1548	1431	27,77	22,72	29,19	26,98	6,60	3,08	—4,26
1364	1234	28,92	22,64	25,33	22,92	6,78	2,99	—0,28
1357	1217	26,91	21,66	24,82	22,26	7,66	2,58	—0,60
1423	1288	28,20	22,77	25,56	23,13	7,36	2,82	—0,36
1466	1311	27,11	21,53	25,79	23,07	7,83	2,52	—1,54
1411	1252	27,60	22,05	24,31	21,57	8,61	2,41	+0,48
1402	1255	28,72	22,58	23,66	21,18	7,26	2,91	+1,40
1557	1425	27,19	21,75	25,73	23,55	8,83	2,33	—1,80
1466	1329	29,15	23,48	23,69	21,47	9,39	2,40	+2,01
1458	1276	29,05	23,82	23,00	20,13	8,16	2,75	+3,69
1702	1516	29,20	23,43	26,22	23,36	8,17	2,74	+0,07
1517	1362	30,69	23,91	22,82	20,49	9,03	2,57	+3,42
1567	1399	31,41	24,67	23,02	20,55	8,99	2,66	+4,12
1561	1402	31,25	24,27	22,46	20,17	8,75	2,73	+4,10
1614	1464	32,07	25,06	22,79	20,67	8,50	2,89	+4,39
1660	1493	31,38	24,35	23,01	20,69	9,42	2,58	+3,66
1728	1573	31,13	24,05	23,50	21,40	8,95	2,77	+2,65
1667	1518	31,53	24,62	22,25	20,26	9,30	2,75	+4,36
1579	1432	30,94	23,45	20,69	18,76	8,78	2,85	+4,69
1629	1463	30,86	22,82	20,95	18,81	8,61	2,90	+4,01

Digitized by Google

Ta-

Mortalität an Lungentuber-

Sterbefälle in ab-

	Summe	Einheimische	Männer	Weiber	Einheimische Männer	Einheimische Weiber	Jan. m.	Jan. w.	Jan. Sa.	Febr. m.	Febr. w.	Febr. Sa.	März m.	März w.	März Sa.	April m.	April w.	April Sa.	Mai m.	Mai w.	Mai Sa
1871	231																				
1872	204																				
1873	202																				
1874	206																				
1875	196																				
1876	263	219																			
1877	270	212							23				16				17			23			27
1878		203																			
1879	282	226	155	127			21	8	29	11	11	22	16	11	27	16	20	36	18	14	32
1880																					
1881	269	211	133	136	104	107	8	12	20	10	13	23	16	11	27	9	8	17	15	10	25
1882																					
1883	276	241	132	144			12	10	22	13	10	23	17	15	32	17	13	30	14	19	33
1884	269	227							26			25			28			23			32
1885	265	228							21			28			21			29			29
1886	265		140	125			16	14	30	13	10	23	13	14	27	14	12	26	11	12	23
1887	292	259	154	138	127	132	15	10	25	16	13	29	12	15	27	14	11	25	15	13	28
1888																					
1889	253	222	130	123			13	4	17	6	11	17	6	7	13	13	11	24	6	19	25
1890									36												
1891	293	265	155	138			14	4	18	14	14	28	16	10	26	15	15	30	17	15	32
1892	219	201	110	109			16	10	26	7	8	15	8	7	15	12	13	25	13	9	22
1893	259	234	127	132	113	121	10	7	17	8	7	15	15	8	23	12	20	32	12	9	21
1894	257	218	123	133	110	128	11	10	21	13	13	26	16	11	27	5	17	22	13	15	28
1895	246	224	141	105	121	103	12	7	19	9	7	16	20	17	37	8	7	15	15	12	27
1896	221	197	112	109	91	106	11	9	20	9	6	15	12	9	21	15	13	28	11	11	22
1897	236	215	114	122	104	111	10	9	19	7	11	18	12	16	28	13	10	23	9	13	22
1898	210	189	116	94																	
1899	230	209	117	113																	
1900	218	198	119	99																	
1901	226	205	122	104																	
1902	226	200	105	121																	

Digitized by Google

belle 3.

kulose in Würzburg.

soluter Grösse.

Juni			Juli			Aug.			Sept.			Okt.			Nov.			Dez.			Mortalitäts-ziffer an Lungen-Tuberkulose
m.	w.	Sa.	m.	w.	Sa.	m.	w.	Sa.	m.	w.	Sa.	m.	w.	Sa.	m.	w.	Sa.	m.	w.	Sa	
																					‰
																					4,80
		25			18			8			14			12			14			15	4,53
																					4,23
15	12	27	9	9	18	13	14	27	7	5	12	9	6	15	6	6	12	14	11	25	4,59
8	15	23	14	15	29	6	11	17	18	11	29	4	9	13	8	9	17	17	12	29	4,10
6	14	20	15	6	21	6	13	19	6	9	15	12	8	20	10	17	27	4	10	14	4,54
		29			15			24			18			16			13			20	4,22
		22			17			30			13			13			16			33	4,17
10	8	18	13	6	19	7	11	18	9	14	23	9	11	20	12	6	18	13	7	20	
16	14	30	12	12	24	11	12	23	12	9	21	11	11	22	10	8	18	10	10	20	4,56
		30																			
21	10	31	21	16	37	15	10	25	11	6	17	8	5	13	4	8	12	6	16	22	3,75
											11										
15	14	29	7	13	20	8	8	16	15	15	30	13	12	25	11	9	20	10	9	19	4,28
7	11	18	13	8	21	5	8	13	7	6	13	4	11	15	10	4	14	8	14	22	3,17
7	7	14	14	7	21	11	18	29	11	11	22	7	8	15	12	17	29	8	13	21	3,61
15	7	22	13	10	23	12	11	23	4	10	14	8	9	17	5	7	12	8	13	21	3,58
13	10	23	8	7	15	15	14	29	6	7	13	12	6	18	5	6	11	18	5	23	3,29
13	7	20	9	16	25	7	10	17	4	7	11	7	6	13	10	5	15	4	10	14	2,83
11	10	21	9	7	16	9	15	24	8	15	23	12	6	18	6	5	11	8	5	13	3,04
																					2,62
																					2,84
																					2,64
																					2,69
																					2,57

Digitized by Google

Tabelle 4.

Tabelle betreffend die Verteilung der Infektionskrankheiten auf die einzelnen Monate. Absolute Zahlen.

Krankheit	In Betracht gezogene Jahre	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Brechdurchfall	1884/86, 1888/93	63	58	57	77	140	216	392	429	377	151	109	87
Diphtherie	1881, 1883/86, 1888/93	428	365	350	339	316	251	195	189	244	352	435	482
Erysipelas	1884/86, 1888/93	97	84	75	98	78	63	49	57	58	90	80	80
Mumps	1881, 1884/86, 1888/93	55	70	93	75	93	76	41	37	23	34	37	36
Croupöse Pneumonie	1884/86, 1888/93	177	181	228	233	228	136	90	77	79	98	174	171
Keuchhusten	1881, 1883/86 1888/93	186	174	238	278	183	106	82	81	126	84	155	121
Varicellen	1881, 1883/86, 1888/93	154	130	108	95	89	63	38	19	20	46	102	149
Unterleibstyphus	1881, 1883/86 1888/93	29	30	51	38	43	40	45	79	78	75	64	35
Scharlach	1881, 1883/86, 1888/93	237	200	165	189	250	204	118	86	104	194	173	194

Tabelle 5.

Tabelle über die prozentuale Verteilung der Morbidität der Infektionskrankheiten auf die einzelnen Monate.

Die Werte der Tabelle 4 sind hier bei Berechnung der prozentualen Verteilung für die weniger als 31 Tage zählenden Monate erhöht worden und zwar im Verhältnis der Tagezahl, die auf den Monat treffen würde, wenn er 31 Tage zählte, zu der in den in Betracht gezogenen Jahren wirklich erreichten Tagezahl des Monats.

Krankheit	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oktob.	Nov.	Dez.
Brechdurchfall	2,88	2,88	2,61	3,66	6,40	10,2	17,9	19,6	17,8	6,90	5.16	3,98
Diphtherie	10,6	9,94	8,70	8,70	7,85	6,44	4,85	4,70	6,26	8,75	11,2	12,0
Erysipelas	10,5	9,92	8,09	10,9	8,41	7,01	5,29	6,15	6,47	9,71	8,95	8,63
Mumps	8,04	11,1	13,6	11,4	13,6	11.5	5,99	5,41	3,51	4,97	5,56	5,26
croup. Pneumon.	9,26	10,4	11,9	12,6	11,9	7,37	4,71	4,03	4,29	5,13	9,42	8,95
Keuchhusten	10,0	10,3	12,8	15,5	9,88	5,94	4, 43	4,37	7,02	4,53	8,63	6,53
Varicellen	14,9	13,8	10,4	9,47	8,60	6,28	3,67	1,84	2,03	4,44	9,86	14,4
Unterleibstyph.	4,70	5,35	8,27	6,32	6,97	6,64	7,29	12,8	13,1	12,2	10,7	5,67
Scharlach	11,0	10,2	7,66	9,05	11,6	9,79	5,48	3,99	4,97	9,00	8,31	9,00

Digitized by Google

Tabelle 6.

Tabelle betreffend Verteilung der Infektionskrankheiten auf die einzelnen Altersklassen. (Absolute Zahlen.)

Krankheit	In Betracht gezogene Jahre	1. Jahr	2—5	6—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	über 80
Brechdurchfall	1885/86, 1888/93	833	298	67	88	150	166	172	132	76	27	5
Diphtherie	,	59	734	670	774	366	182	78	31	13	1	1
Erysipelas	,	12	29	50	224	153	118	101	78	39	9	4
Masern	,	245	1770	1209	175	49	12	2	1	3	1	0
Mumps	,	7	75	133	48	16	12	5	0	0	1	0
croup. Pneumon.	,	78	259	180	227	206	176	174	166	110	46	11
Keuchhusten	,	177	659	228	15	8	3	2	2	2	0	0
Varicellen	,	119	393	235	18	2	0	0	1	0	0	0
Unterleibstyphus	,	4	21	38	161	108	63	29	13	9	1	0
Scharlach	,	24	467	440	277	45	10	5	2	0	1	0

Tabelle 7.

Tabelle, enthaltend Proportionalzahlen der Erkrankungsgefahr der einzelnen Altersklassen an Infektionskrankheiten.

(Verhältnis der 1885/86 und 1888/93 gemeldeten Erkrankungen zur Altersklassenbesetzung des Jahres 1885.)

Krankheit	1. Jahr	2—5	6—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	über 80
	‰										
Brechdurchfall	98,6	10	1,69	1,06	1,49	2,77	3,43	3,68	3,60	2,94	2,51
Diphtherie	6,98	24,7	16,9	9,31	3,63	3,04	1,56	0,86	0,62	0,11	0,50
Erysipelas	1,42	0,98	1,26	2,69	1,52	1,97	2,01	2,17	1,85	0,98	2,01
Masern	29,0	59,5	30,5	2,10	0,49	0,20	0,04	0,03	0,14	0,11	0
Mumps	0,83	2,52	3,35	0,58	0,16	0,20	0,10	0	0	0,11	0
croupös. Pneumonie	9,23	8,71	4,54	2,73	2,04	2,94	3,47	4,62	5,21	5,00	5,52
Keuchhusten	21,0	22,2	5,75	0,18	0,08	0,05	0,04	0,06	0,09	0	0
Varicellen	14,1	13,2	5,92	0,22	0,02	0	0	0,03	0	0	0
Unterleibstyphus	0,47	0,71	0,96	1,94	1,07	1,05	0,58	0,36	0,43	0,11	0
Scharlach	2,84	15,7	11,1	3,33	0,45	0,17	0,10	0,06	0	0,11	0

Digitized by Google

Der Venenpuls.

Von

Siegfried Baum.

Diese Arbeit hat zur Aufgabe, eine Übersicht über die historische Entwickelung des Begriffes Venenpuls zu geben. Sie bringt neben dem geschichtlichen Leitfaden eine Einteilung nach der normalen und pathologischen Physiologie des Phänomens.

Kapitel I.

Der pathologische Venenpuls.

Historisch ist die Kenntnis vom pathologischen Venenpuls die ältere. Er tritt nach Art seiner Genese in zwei Formen auf:

1. die Welle wird von der Thätigkeit des linken Ventrikels ausgelöst. Sie ist nichts weiter als die durch das Kapillarsystem auf das Venengebiet fortgepflanzte Pulswelle, die sich normalerweise an den Kapillaren bricht: der zentripetale pathologische Venenpuls.

2. die Welle entsteht durch Regurgitation eines Blutquantums aus dem rechten Herzen in das venöse System: der zentrifugale pathologische Venenpuls.

Der zentripetale pathologische Venenpuls.

Schon *Budge* und *Schulz* (cit. 1 [1843]) sahen in manchen Fällen alle oberflächlichen Venen synchron den Arterien pulsieren; sie erklären dieses Phänomen durch eine Fortpflanzung des Pulses durch erweiterte periphere Gefässe vom arteriellen zum venösen Systeme; *Anke* (2 [1835]) stellt diese Art des Pulses sogar in ausdrücklichen Gegensatz zu dem durch Regurgitation aus dem rechten Herzen gebildeten. Er führt als Grund der Verminderung der Widerstände im Kreislaufe eine Relaxation der Kapillargefässe an; infolge

Digitized by Google

deren falle das normale Gebrochenwerden der vom Herzen ausgelösten Kraft fort. *Hamernjk* (1 [1843]) hält diese Beobachtungen für nicht sichere und ihre Erklärungen für falsch; müsste doch, da der Stoss durch die Entfernung vom Herzen immer kleiner würde, der Stoss in den Kapillaren deutlicher sein als in den Venen. Da nun ein dichtes Kapillarnetz den Körper durchziehe, so müsse der ganze Körper nach dem Takte des Pulses rhythmisch auf- und abhüpfen. Ein Bernardsches Experiment (3 [1864]) erwies hingegen die Möglichkeit eines solchen Pulses; zu gleicher Zeit mit der Vermehrung der Speichelsekretion bei Reizung des Nervus lingualis dilatierten sich die Blutgefässe der Submaxillardrüsen, und man sah das Blut hellrot und stossweise aus den Venen synchron dem Pulse abfliessen. *Quinke* (4 [1868]) gab dieser Art des Venenpulses den Namen des penetrierenden. Er beobachtete ihn am eigenen Handrücken bei grosser Hitze, sowie sonst bei verschiedenartigen Erkrankungen mit hohem Fieber, vor allem aber bei der hohen und schnellenden Pulswelle der Aorteninsufficienz. Auch spätere Beobachtungen bestätigten die Quinkeschen Daten. *Collis* (5 [1863]) und *Graves* (6 [1881]) erklären ihre hierher gehörigen Beobachtungen bei Pneumonie lediglich durch verstärkte Herzaktion. *Makenzie* (7 [1904]) beschreibt Gleiches auf der Grundlage einer hochgradigen Erschlaffung der kleinen Arterien infolge hohen Fiebers oder der herabgesetzten Gefässspannung bei Aorteninsufficienz. Von den übrigen Autoren abweichend, gibt *Holz* (8 [1889]) seine Begründung des aufsteigenden oder nach zeitlicher Registrierung postsystolischen Venenpulses: Einseitige Drucksteigerung im Aortensystem selbst bei Hypertrophie des linken Ventrikels mit oder ohne Aortenklappeninsufficienz genüge nicht, die Erscheinung hervorzurufen. Er verlangt als unbedingtes Erfordernis Ausgleichung der normalen Druckdifferenzen, mag sie a tergo der Kapillaren durch Erschlaffung der Arterien, oder a fronte durch Druckerhöhung in den Venen oder durch letztere in Verbindung mit hoher arterieller Spannung gegeben sein, bei normaler oder gesteigerter Herzkraft. Daher hätten wir das Phänomen am besten bei möglichst akuter venöser Stauung, wie wir sie experimentell beim Aderlass durch Abschnürung erzeugen; hier spritze ja die Vene mit dem Pulse. Durchaus nicht immer braucht nach *Sahli* (9 [1902]) der Kapillarpuls diesen Venenpuls zu begleiten. Es kann vielmehr vorkommen, dass die Pulswelle in den Kapillaren nicht wahrnehmbar ist, weil sie sich dort auf eine zu grosse Fläche verteilt; hingegen vermag die Verengerung der Strombahn in den Anfängen der Venen

Digitized by Google

es zu bewirken, dass hier der Puls wieder sichtbar wird. Noch sei erwähnt, dass als Beweis für die Richtung der Welle die Kompressionsmethode verwendbar ist. Peripher von der komprimierten Venenstelle dauert der Puls fort, zentral hört er auf.

Der zentrifugale pathologische Venenpuls.

Abgesehen von einer kurzen Erwähnung bei *Lancisi* (10 [1788]) und *Morgagni* (11 [1762]) ist die älteste genauere Darstellung wohl von *Kreysig* (12 [1814]). Er stellt eine unbestimmte zitternde Bewegung eines „Aderkropfes" oberhalb des Brustbeines einem stärkeren Pulsieren der Jugularis bei Herzkrankheiten gegenüber. Er berührt damit schon einen Gegensatz zwischen den beiden Begriffen Undulation und Pulsation späterer Autoren, mit dem wir uns weiterhin noch zu beschäftigen haben werden.

Die letztere echte Art von Venenbewegung, die Pulsation findet *Kreysig* pathognomonisch 1. für Tricuspidalstenose, 2. für Tricuspidalinsufficienz. Er sagt, nicht etwa, wo die Wände der rechten Vorkammer ihre Kontraktilität durch Verhärtung oder auch durch sehr grosse Verdünnung verloren haben, sondern vielmehr bei einer Verstärkung ihrer Substanz, die so oft bei einem Hindernis des Eingangs in die rechte Kammer stattfindet, pulsiert die Vorkammer selbst deutlich, treibt einen Teil der Blutwelle nach den Venen und erzeugt dort eine mit dem Radialpuls nicht synchrone Erhebung. Häufiger ist die bei Erweiterung der Kommunikation zwischen Kammer und Vorkammer infolge von Hindernissen am Eingange oder im Verlaufe der Lungenarterie, entsprechend unserer relativen Tricuspidalinsufficienz, durch Ventrikelarbeit entstehende Pulsation, die natürlich synchron dem Radialpuls ist.

An dieser Stelle bekämpft *Kreysig* auch eine damals verbreitete Theorie über die Entstehung des Venenpulses. Nach dieser sollten die Hohladern vermittelst Kontraktion der an ihren Mündungen vorhandenen Muskelfasern Diastole und Systole und damit Venenpulsation erzeugen. Spätere experimentelle Untersuchungen sprechen auch in der That für eine derartige Anschauung: *Müllers* (14 [1854]) und *Knolls* (15 [1898]) Beobachtungen zeigen, dass selbständige Kontraktionen der Hohl- und Lungenvenen existieren und dass die Cava bei Abklemmung gegen das Herz (*Knoll*) sogar eine monokrote Exkursion der Jugularis hervorrufen kann. Jedoch sind nach diesem Autor derartige Zusammenziehungen beim Zustandekommen des normalen Venenpulses in Wirklichkeit nicht beteiligt.

Digitized by Google

Die oben geschilderten Deutungen des Venenpulses durch Thätigkeit der rechten Vorkammer und Kammer fanden kaum Ergänzung, bis die Gegnerschaft zwischen *Gendrin* und *Hamernjk* die Frage zu scharfer Diskussion brachte. Nach *Hamernjk* (1) wird der Venenpuls vom Herzen ausgelöst und zwar immer von einer retrograden Bewegung des Blutes. Darum wird er auch nur an den naheliegenden Venen beobachtet. *Hamernjk* sieht die Venendiastole genau synchron der der grossen Arterien. Er giebt für diese Venenpulsation folgende bestimmte Ursachen an: 1. die Tricuspidalinsuffizienz sowohl als Einzelerscheinung als auch in Begleitung der Stenose dieses Ostiums; infolge der Insuffizienz setze ein in den Vorhof zurückgeschleudertes Blutquantum den stets dort befindlichen Rest von Vorhofblut in Bewegung. Während *Hamernjk* jedoch die echte Tricuspidalinsuffizienz stets für eine Krankheit sui generis hält, erklärt sie *Gendrin* (16 [1843]) für einen, den Erkrankungen des Ostium venosum sin. unbedingt folgenden Zustand; in diesem Falle hypertrophiere dann das linke Herz, verkümmere das rechte inkl. der Tricuspidalis; verkümmert aber die Tricuspidalis, so müsse sie schlussunfähig werden, mithin Regurgitation von Blut aus dem Ventrikel in den Vorhof und die Venen stattfinden; dann hätten wir also als unbedingten indirekten Folgezustand einer Mitralerkrankung Venenpuls. Falls nun aber einmal das rechte Herz ohne die Tricuspidalis atrophiere, so erkläre sich der Rückfluss in die Halsvenen durch Fortpflanzung des Stosses der rechten Kammer auf die schlecht unterstützte verdünnte Klappe. *Hamernjk* verwirft mit dem ganzen pathologisch-anatomischen Bilde auch diese Erklärung: „nicht einmal in normalem Zustande bewirkt der systolische Druck des rechten Ventrikels auf die Vorhofsklappe eine Erscheinung an den Venen in Form einer Welle, um wieviel weniger würde sich das bei atrophischer Muskulatur bemerkbar machen, wenn die verdünnte und schlecht unterstützte Klappe sich auch mehr verbuchtet."

2. die nächste Ursache des Venenpulses ist für *Hamernjk* folgende: Ein Vitium führt zu Dilatation und Hypertrophie des rechten Herzens; die Klappen passen sich dem Ostium an und blähen sich nun unter dem verstärkten Drucke des rechten Ventrikels infolge ihrer grossen Fläche und der Weite des Ostium stark in den rechten Vorhof vor. Dort lösen sie, lediglich als Steigerung eines physiologischen Zustandes, Wellen aus, die die Venen erreichen.

3. Durch übermässige Dehnung des Ostium kommt es schliesslich zu einer relativen Insuffizienz der Klappen. Diese kommt somit als dritte Ursache des Venenpulses in Betracht. Während nun

Digitized by Google

Hamernjk nur einschlägigen, der Arteriendiastole synchronen Puls kennt, führt *Gendrin* schon einen doppelschlägigen an. Dessen erste Welle geht der Herzsystole voran, die zweite ist ihr synchron und stellt den echten Pulsus venosus dar. Dieser doppelwellige Puls sei für die Stenose und Tricuspidalinsuffizienz pathognomonisch.

Ausser dem beschriebenen herzsystolisch-gefässdiastolischen Venenpulse sieht *Hamernjk* oft noch eigentümlich undulierende Bewegungen, die er nicht weiter erklärt.

Finden sich in diesen Arbeiten nur relativ einfache Beobachtungen und Erklärungen vor, so bringt uns *Scoda* (17 [1854]) schon kompliziertere Verhältnisse. In all seinen Erklärungen ist gleichfalls das ständig wiederkehrende Moment Regurgitation aus dem Herzen in die Venen. *Scoda* gibt uns 1. den echten Pulsus venosus bei Tricuspidalinsuffizienz oder reichlichen Exsudaten im Herzbeutel; 2. eine einzige Vorhofswelle, bei Stauung: Die Überfüllung des venösen Systems bedingt abnorme kräftige Kontraktionen des rechten Vorhofes; diese schleudern ein weit über normales Blutquantum in die Venen zurück; die erste Erwähnung einer Vorhofswelle als regelmässige Konsequenz von Stauung im Venensystem; 3. Erhebungen der Vene bis zu dreimaliger Welle entweder während der Systole, oder während der Diastole; sie können durch starke mehrmalige Kontraktionen des rechten Vorhofes (event. kombiniert mit Tricuspidalinsuffizienz) zu stande kommen. Auch vermag die von einer einmaligen starken Kontraktion veranlasste Gleichgewichtsstörung der Blutsäule wiederholte rückgängige Bewegungen, d. h. sekundäre kleinere Wellen nach sich zu ziehen; 4. *Scoda* (18 [1853]) bei Paralyse des rechten Vorhofes eine allmähliche Anschwellung der venösen Blutsäule während der Herzsystole und ein plötzliches Abschwellen während der Diastole. Das Wichtige dieser Form liegt in dem Unterschiede von der gewöhnlichen herzsystolischen Venenexpansion; diese geschieht als Ausdruck der Ventrikelkraft (bei insuffizienter Tricuspidalis) ziemlich jäh und schnell (Arterialität der Venen. Testa cit. 19); bei der Form 4 *Scodas* tritt dagegen die Ausdehnung der Vene langsam, ihr Kollaps dagegen rasch im Beginn der Diastole ein. Ähnliche Erscheinungen fand *Friedreich* (19 [1867]) bekanntlich auch als die Konsequenz der Verwachsungen des Herzbeutels mit Herz und Brustwand. Die systolisch eingezogene Brustwand federt mit Beginn der Diastole elastisch, d. h. mit einem Rucke vor, ein energisches Ansaugen des Blutes veranlassend. Mit der Systole füllen sich dann die Venen langsam, infolge

Digitized by Google

der intrathorakalen Raumbeschränkung durch die Einziehung jedoch stärker als normal.

Bei einem Rückblicke auf die bisher citierten Arbeiten finden wir übereinstimmend folgendes:

1. Bei jedem Autor die Annahme eines deutlichen, meistens systolischen echten Pulsus venosus abhängig von Ventrikelthätigkeit.

2. daneben berichten alle von Venenbewegungen, die sie teils als nicht genau definierbar, teils als ziemlich komplizierte Vorgänge aus der Vorhofsthätigkeit erklären.

Hamernjk gibt den letzteren bereits den Namen „undulierende" Venenbewegungen. Seit dieser Arbeit blieb der Begriff der Venen-Undulation für jene nicht ganz klaren Venenbewegungen im Gegensatze zur Pulsation ein ständig wiederkehrender, bis *Riegel* (20 [1882]) vorschlug, nur Venen-Pulsation als einzigen berechtigten Ausdruck für kardiale Venenbewegungen anzuwenden. Denn jene Zustände der Undulation decken sich mit dem normalen Venenpuls, der meistens schwach und deshalb undeutlich sei.

Heute bezeichnen wir als Undulation die sogenannten mitgeteilten Venenbewegungen, das sind solche, die von den Arterien auf die Venen übertragen werden und sich evtl. unter den normalen Venenpuls mischen.

Den damals herrschenden Gegensatz zwischen Undulation und Pulsation hielt *Bamberger* (21 [1857]) aufrecht; er brachte sogar noch ein anatomisches Unterscheidungsmerkmal: Kardiale Venenbewegung bei suffizienten Venenklappen Undulation, bei insuffizienten Pulsation. Worin soll man aber nun das Kriterium suchen, wenn *Bamberger* in seiner zweiten Arbeit (22 [1863]) einen Bulbuspuls, der bei schliessenden Venenklappen auf die gleiche Art zu stande kommt, wie der echte, anerkennt; hier präzisiert er seine Undulation nicht aufs neue und giebt nur aus rein praktischen Gründen Bewegungen, die wegen ihrer Schwäche oder sonstiger Verhältnisse keinen sicheren Schluss auf ihre Herkunft zu fassen gestatten, den Namen der Undulation. „Beraubten wir uns doch, meint er, eines wertvollen diagnostischen Zeichens, nämlich des Begriffes Venen-Pulsation für die klaren Fälle der Tricuspidalinsuffizienz." Als differentialdiagnostisches Merkzeichen führt *Bamberger* folgendes an: Bei Kompression in der Mitte des Venenrohres wird das zentrale Stück stark ausgedehnt bei der Pulsation, bei der Undulation ist entweder eine schwächere Bewegung bemerkbar oder sogar Kollaps des Gefässes. Nun sind Undulation und Pulsation nach *Bamberger* stets auf echte

Digitized by Google

regurgitierende Bewegungen zurückzuführen, deren einziger klinisch bemerkbarer Unterschied in dem eben erwähnten Stärkegrade liegen soll. In dieser Bestimmung ist doch nach *Riegel* (23 [1883]) zu viel Spielraum gelassen, als dass man an ihm als diagnostischem Merkmale festhalten möchte. *Bamberger* lässt die Undulationen entstehen 1. durch die schon bei *Hamernjk* erwähnte Arbeit des dilatierten rechten Ventrikels, da die dem erweiterten Lumen angepasste und daher verdünnte Klappe sich stark in den Vorhof einwölbe. 2. durch Kontraktion des hypertrophierten Vorhofes, die, wenn sie eine einfache ist, Wellen präsystolischer, wenn sie eine mehrfache ist, solche systolischer und diastolischer Natur (nicht aber wie bei *Scoda* systolischer oder diastolischer) erzeugen. Gewöhnlich sei unter diesen mehrfachen Wellen die systolische jedoch Ventrikelwelle. Dabei sollen diese Wellen, sich durch die schliessende Venenklappe fortpflanzend, oberhalb derselben genau synchrone Bewegungen erzeugen.

Die einfache Undulation vom Vorhofe aus unter ganz gleichen Bedingungen erwähnt auch schon *Knabe* (24 [1853]).

Diese verschiedenartigen Anschauungen fanden nun durch *Friedreich* (19), der den Ausdruck pulsatorische oder pulsähnliche Bewegung an Stelle der Undulation setzte, keine Klärung. Gemeinsam mit *Bamberger* rückt er den Zustand der Halsvenenklappen in den Vordergrund. Bei pathologisch gesteigertem Drucke in dem rechten Herzen und dem venösen Systeme wirft der Vorhof, der seine Blutmengen nicht mehr in den überfüllten Ventrikel entleeren kann unter dem Drucke seiner hypertrophierten Wandung eine weit grössere Blutmenge als normal in die Kava; der dadurch entstehende gesteigerte Druck in den Venenstämmen kann vorübergehenden Schluss der Halsvenenklappen erzeugen. Dieser veranlasse eine kurz dauernde Anschwellung, die durch die bestehenden Stauungszustände nur noch mehr zur Geltung komme. So deckt sich ja *Friedreichs* Ansicht über die Vorhofwelle einigermassen mit der seiner Vorgänger.

Bei der Erklärung der zeitlich zweiten, der systolischen Dehnung der Vene weist er jedoch die alte Anschauung von dem Einflusse des Ventrikels ab. Er sieht die Ursache in dem Pulse der Aorta ascendens. Sie liege der geschwollenen Kava nicht an und rufe bei ihrer Diastole eine Drucksteigerung in derselben, damit Schluss der Venenklappen und Anschwellung peripher von ihnen hervor.

Auch *Friedreich* führt als charakteristisch für die Undulation den Umstand an, dass bei Kompression der Venen in der Mitte

Digitized by Google

der zentrale Teil kollabiere, während beim echten Venenpuls derselbe weiter pulsiere. Diese Unterscheidung passt auch zu *Friedreichs* scharf abgegrenzter Theorie: denn regurgitierte Wellen sind bei ihm nur das auslösende Moment des Halsvenenklappenschlusses, nicht die eigentlichen Träger der sichtbaren Venenbewegung. Die pseudopulsierende Stauung ist die Konsequenz des Venenklappenschlusses. Hemmt man nun nach *Friedreich* den Zufluss des Blutes oberhalb der Klappe, so kollabiert die Vene; es fehlt eben die Blutmenge, deren rhythmische Anstauung die Pseudopulsation erscheinen liess. Nur in denjenigen Fällen, wo die Halsvenenklappen selbst sichtbar sind, beobachtet man dann noch eine echte Pulsation.

Eine in den Bereich der Friedreichschen Anschauung gehörige Ansicht spricht auch *Bamberger* in seiner zweiten Arbeit (22) aus; er sagt dort: bei der Bulbuspulsation habe man über dem Bulbus häufig eine durch das Nachrücken des Blutes während des Venenklappenschlusses bedingte Bewegung. Diese gebe aber kein Sphygmogramm. Eine solche Beobachtung widerlegt seine eigene frühere und *Scodas* Ansicht, dass sich die Venenwelle durch schliessende Klappen fortpflanzten; ein Thammsches Experiment (25 [1869]) ergab das gleiche: eine abschliessende empfindliche Membran gab Pulswellen nicht an die peripher befindliche Flüssigkeit weiter. *Sahli* (9) hingegen lässt wiederum oberhalb der schliessenden Klappen eine Welle genau gleicher Form entstehen. Auch *Rosenstein* (26) und *Eichhorst* (27 [1881]) sind Anhänger der Venenpuls-Theorie *Friedreichs*. Jener sagt, jede intensive Kontraktion des Vorhofes könne durch die Aktion rückläufiger Wellen den Inhalt der stark überfüllten Vene in Bewegung setzen und so Undulation bedingen; *Eichhorst* ist der Ansicht, dass infolge regurgitierter Wellen der Venenabfluss jedesmal stocke. Dadurch nehme der Umfang der Gefässe zu und wir hätten dann eine wirklich autochtone Venen-Undulation, präsystolisch durch Vorhofkontraktion, systolisch durch die des rechten Ventrikels, meist doppelschlägig. Bis zu diesen Autoren finden wir also die Undulation als selbständige kardiale Venenbewegung in ausdrücklichen Gegensatz zur Pulsation gestellt, während wir heute mit ihrem Namen die unselbständige übertragene Venenbewegung belegen.

Zurückgreifend auf die Arbeit *Hamernjks* sei in unserer Verfolgung der Venenpulsation zunächst betont, dass wie dieser die Tricuspidal-Insuffizienz für e i n e Ursache des Venenpulses hält, *Bamberger* in ihr die einzige Ursache des Venenpulses sieht. Als dessen zweite Grundforderung betrachtet er aber Halsvenenklappen-Insuffi-

Digitized by Google

zienz. Und doch ist diese wohl nur mit Rücksicht auf die Sichtbarkeit der Bewegung zu fordern, für ihre Entstehung aber belanglos; denn sie ist nichts weiter als eine leicht erklärliche Konsequenz der Tricuspidal-Insuffizienz. *Bamberger* lässt sie folgendermassen sich entwickeln: anfangs zwar vergrössern und verdünnen sich die Klappen bis zu einem bestimmten Grade. Allein endlich genügen sie nicht mehr, das Lumen der Vene zu sperren. Sie sind relativ insuffizient. Seltener komme auch durch Schrumpfung absolute Insuffizienz vor oder Perforation eines Zipfels und sogar gänzlicher Mangel. Nicht nur organische, auch relative Tricuspidal-Insuffizienz könne, meint *Bamberger* ferner, unter Umständen starken Venenpuls erzeugen. Auch *Knabe* (24) weist dieses an der Hand eines Falles nach. Nach ersterem ist es jedoch eine seltenere Erscheinung: Venenpulsation setzt stets einen solchen Grad von Tricuspidal-Insuffizienz voraus, wie er relativ kaum vorkommt und höchstens bei sehr vernachlässigten Herzkranken in den ersten Tagen der Beobachtung in einem Venenpulse zum Ausdruck gelangt, der bei einiger Ruhe spurlos verschwindet. Also ist nach *Bamberger* der Venenpuls das wichtigste diagnostische Zeichen der organischen Tricuspidal-Insufficienz. In Betreff der geforderten Venenklappen-Insuffizienz sah sich jedoch *Bamberger* (22) später zu einer Konzession genötigt; er musste anerkennen, dass bei vorhandenem Vitium tricuspidale und schliessenden Venenklappen, wenn dieselben nur hinreichend hoch für die Beobachtung liegen, Puls gleicher Form zustande kommt. Er betont an dieser Stelle auch die Möglichkeit eines gleichzeitigen Vorkommens von rechtem Venenpuls und linken Bulbuspuls. Ein solches Phänomen ist sicherlich im Beginn eintretender Kompensationsstörung das naturgemässere. Die zur linkem Jugularis strömende Welle besitzt nämlich durch den weiteren Weg bis zur Klappe eine bedeutend geringere Kraftentfaltung und demgemäss Dilatationsgewalt, als die gleiche rechts. *Bamberger* that nun zur Klärung der Frage des Venenpulses einen äusserst wichtigen Schritt; er stellte als erster den Venenpuls sphygmographisch dar. Schon *Hamernjk* hatte die Unzulänglichkeit der Inspektions- und Palpationsschlüsse empfunden; denn, sagt er, es sei bei dieser Art der Beurteilung in unseren Fällen, in denen ja gewöhnlich der Arterienpuls häufig und unregelmässig ist, Zahl und Synchronismus schwer zu beurteilen. Später warnt er noch vor den rigorosen Zeitbestimmungen *Gendrins*; „müsse doch Fingerspitze und Auge zugleich arbeiten; und es sei doch nicht sicher, ob die Geschwindigkeit der Fortleitung zum Tast- und Gesichtssinne gleich

Digitized by Google

sei. Der Sphygmograph ergab für *Bamberger* folgende Kurven: auf eine primäre Erhebung folgt eine Einsenkung und auf diese eine neue Erhebung. Die letzte ist am häufigsten höher als die erste, steht seltener im gleichen Niveau oder tiefer oder ganz ausnahmsweise in der Deszensionslinie. Die erste Erhebung betrachtet er als das ganz selbstverständliche Ergebnis der Ventrikelsystole bei Tricuspidal-Insuffizienz. Woher aber die zweite? Ist sie eine von dem engen foramen jugulare reflektierte Welle? nein, sagt *Bamberger*, denn einerseits könne sie nicht so unmittelbar der ersten folgen, andererseits dürfte der Kurvengipfel dann bei gleichzeitig links vorhandenem Bulbuspulse, das ist schliessenden Venenklappen, nicht gerade so beschaffen sein. Dehnt die in den Vorhof zurückgetriebene Blutwelle diesen gewaltsam und regt seine Fasern zur Kontraktion an? wohl kaum käme, meint *Bamberger*, eine solche Welle zum Ausdruck; es präge sich ja nicht einmal die normale Vorhofskontraktion aus. Einleuchtend sei dagegen folgende Erklärung: gegen das Ende der Systole kontrahieren sich die Papillarmuskeln noch einmal kräftig; sie drängen die Klappen gegen den Kammerinhalt und rufen so eine neue Drucksteigerung hervor. Deren Ansdruck an der Vene ist die zweite Erhebung. Fällt nun die zweite Erhebung, ein seltener Fall, in die Descensionslinie, so wird dieses dadurch erklärt, dass heftige Herzbewegungen den Hebel mit grosser Gewalt in die Höhe schleudern. Die sekundäre Bewegung erreicht ihn darum erst im Herunterfallen und liegt so scheinbar in der Descensionslinie. Ein ähnliches artifizielles Moment haben nach *Bamberger* auch die sehr hohen spitzwinkeligen Kurven mit stark sekundärer Erhebung. Für die Mehrzahl derselben, deren ruhige und gleichmässige erste wie zweite Welle, eigne sich die obige physiologische Erklärung.

Aber schon *Geigel* (28 [1863]), der sonst im wesentlichen die gleichen Kurvenformen erhält, analysiert sie in anderer Weise. Auch er sagt: schon der konstante Unterschied zwischen den A.-Kurven und V.-Kurven, der stets wiederkehrende charakteristische Gegensatz zwischen der Anadikrotie der V.-Kurve und der Katadikrotie der Arterienkurve spricht gegen artifizielle Mitwirkung d. h. Schleuderung. Wie bei *Bamberger*, so entspricht auch bei ihm die sekundäre Erhebung dem vollen Masse der Triebkraft des rechten Ventrikels, da sie den höchsten Gipfel der Kurven erreicht. Keine andere der auch von jenem in Erwägung gezogenen Kräfte ist nach ihm im stande, die höchste Welle und an dieser Stelle überhaupt eine solche hervorzubringen. Doch erzeugt nach seiner Ansicht die

Digitized by Google

Ventrikelthätigkeit nur diese eine Welle; er begründet seine Meinung mit folgendem: die Sonderkontraktion der Papillarmuskeln, die *Bamberger* als gewichtig anführt, ist nicht genügend erwiesen, als dass sie die Theorie der doppelten Ventrikelwelle stützen könne; viel näher läge es doch, die Vorhofssystole zur Erklärung der primären Erhebung zu verwenden. Nun zeichnet *Geigel* noch eine kleine, sofort wieder nachlassende Erhebung oder doch ein geringes sanftes Ansteigen der Linie vor dem raschen senkrechten Ansteigen zur primären Erhebung. Er weiss für diesen Kurventeil folgenden Grund: Schon geringe Schwankungen des Seitendruckes bringen an der dünnen Venenwand Exkursionen hervor; in den vorliegenden Fällen starker Stauung also, wo der Vorhof enorm dilatiert ist, wird er nach jeder Ventrikelsystole mit peripherwärts gestautem und aus dem Venensystem reflektierten Blute überschwemmt. Er kann daher dem immer noch nachrückenden Strom keinen genügenden Raum gewähren. Freilich wird im ersten Moment der Ventrikeldiastole sich der Vorhof rasch durch das Tricuspidal-Ostium entleeren und das rasche Absinken der Kurve erklären. Um so rascher aber aus den überfüllten Kavis der Inhalt des Atrium wieder ersetzt wird, um so sicherer tritt gegen das Ende der Diastole ein Moment ein, wo die Fallgeschwindigkeit des Blutes sich vermindert und bei übermässigem Füllungsverhältnisse selbst zum Stillstande kommt. Dann muss sich eine rückwärtsschreitende Stauungswelle bilden, diese kommt auf der Kurve am Ende der Diastole vor der Präsystole als kleine Erhebung zum Vorschein. Jetzt folgt die jähe primäre Erhebung. Ihre hohe Lage im aszendierenden Schenkel besagt nach *Geigel* — ganz abgesehen davon, dass dieser Autor im Gegensatz zu *Bamberger* sie häufig kaum die halbe Höhe erreichen sieht — durchaus nichts gegen ihre Provenienz aus dem Vorhofe; denn einerseits entspricht ihre Höhe ganz dem Umstande, dass der Vorhof sein grösseres Blutquantum nur zum geringen Teil in den gefüllten Ventrikel entleeren kann und darum eine mächtige Welle in der Vene erregen muss. Andererseits braucht wiederum keine stärkere sekundäre Erhebung erwartet zu werden, denn die Ventrikelsystole öffnet ja auch die Lungenarterie und die durch das Ostium atrio-ventriculare regurgitierte Blutmenge ist deswegen eine relativ geringere.

Während *Geigel* die Sattelbildung bei *Bamberger* auf diese Weise erklärt, sieht *Friedreich* (29 [1865]) in ihr ein Artefakt. Er hält auf Grund der Untersuchungen *Koschlakoff*s, welche mit Evidenz die Möglichkeit der Sattelbildung auf der Höhe der Kurve durch

Digitized by Google

rasche Ausdehnung unter einem gewissen Drucke ergeben, die Kurven *Bambergers* und *Geigels* für durch Schleuderung entstellte; er sagt weiter: wenn die Sattelbildungen für gewisse Arten von kräftigen Wellen — finden wir sie doch auch bei den Arterienwellen der Hypertrophie des linken Ventrikels — bezeichnend sind, so sind sie vielleicht für die Venenwelle berechtigt, doch keineswegs speziell charakteristisch; im übrigen liessen sich durch Verbesserung der Versuchsanordnung dieselben beseitigen.

Friedreich findet nun die von der Vorhofskontraktion ausgelöste Welle als eine kurze, minder steile flache Ansteigung, während die zweite, die Ventrikelascension ungleich steiler, fast senkrecht und länger ist; die eine ist der Ausdruck einer minder kräftigen und schnellenden Aktion, die andere das Ergebnis der Thätigkeit eines stark hypertrophierten Muskels. Übrigens zeigen auch einige Bambergersche Kurven eine ähnliche geringe Ascension nach dem diastolischen Abfall, die wir nach *Friedreichs* Art als Vorhofswelle deuten könnten. Eine Erklärung, weswegen wir sie in diesen wenigen Fällen haben, sonst jedoch vermissen, scheint mir in folgendem zu liegen: die einen sind bei relativ ruhiger Herzthätigkeit, also wahrscheinlich zu einer Zeit nicht vorhandener Vorhofsparalyse geschrieben, während man bei allen anderen an diesen Zustand denken muss. Verschwindet nämlich, sagt *Friedreich*, infolge von zunehmender Vorhofsparalyse oder wirklicher Ernährungsstörung der Vorhofsmuskulatur die Vorhofswelle und mit ihr die Dikrotie mehr und mehr, so gleicht schliesslich die Aszensionslinie inkl. eventuell Sattelbildung völlig dem bei Aorteninsuffizienz erhaltenen Pulsanstieg. Beobachtet man andererseits innerhalb der Kurvenreihe bald gar keine, bald mehr oder weniger ausgeprägte Dikrotie, so ergibt sich das aus der in der terminalen Periode des Herzleidens eintretenden Ungleichmässigkeit der Kontraktion.

Auch *Duschs* Lehrbuch (30 [1868]) weicht in wesentlichen Punkten von dieser Darstellung in keiner Weise ab, und bis heute bezeichnet man diese Form als positiven Venenpuls.

Wie *Bamberger*, so fordert auch *Friedreich* als Grundbedingung eines Halsvenenpulses Insuffizienz der Jugularklappen, doch erkennt er auch einen Bulbuspuls gleicher Form an, der jedoch schon in einer Nacht zum echten Venenpuls werden kann.

An dieser Stelle sei noch die hier zuerst beobachtete ausgesprochene Venen-Katadikrotie erwähnt. Sie beruht nach *Friedreich* auf einer Reflexion des diastolisch fallenden Blutes von der Innen-

Digitized by Google

fläche des rechten Ventrikels, die eine Exkursion der Venenwand erwirkt. Sie erfordere entweder grosse Energie des Ventrikels und starken Tonus der Venenwandungen, oder schwache Ventrikelkontraktionen und Atonie der Venen. Auch *D. Gerhardt* (31 [1894]) findet die Dikrotie aber genau entsprechend der Arteriendikrotie und erklärt sie nach Art der diastolischen Welle beim normalen Venenpuls (Hochrücken der Atrioventrikulargrenze).

So kommen je nach dem Zustand der Kammern oder Vorkammern, je nach der Reihenfolge ihrer Erkrankungen die verschiedenartigsten Kurvenbilder zu stande.

Auch neuere Autoren bestätigten uns im wesentlichen die Bambergerschen und Friedreichschen Kurven des pathologischen Venenpulses. *Riegel* fand bei Tricuspidalinsuffizienz, relativer wie absoluter, als Bulbus- oder Halsvenenpuls eventuell eine präsystolische, in jedem Falle aber eine systolische Erhebung. Oft überdauert sie die Arterienpulswelle und hält bis zum Gipfel der sekundären Welle an. Das letztere wäre ein Befund, der sich mit dem postsphygmischen Abschnitte *Makenzies* deckt: Er findet seine Erklärung sicherlich in dem Überwiegen des Ventrikeldruckes gegenüber dem geringen venösen für die ganze Dauer der Systole, während bekanntlich der hohe Druck des arteriellen Systems eine so lange Einwirkung des Ventrikeldruckes nicht gestattet.

Eine Beobachtung *Riegels* sei nicht vergessen, die er als Unterscheidungsmerkmal von Arterienpuls und Venenpuls anführt: der Venenpuls zeigt langes Ansteigen infolge der Dauer der Erhebung durch Vorhofs- und Ventrikelsystole, dann raschen Abfall, der Arterienpuls rasches Ansteigen (nur Austreibungszeit), dann langsamen Abfall. (Schluss der Systole, Diastole, Verschlusszeit.) Der präsystolisch-systolische Venenpuls wie ihn *Riegel* zur scharfen Abgrenzung vom normalen nennt, kann unter Umständen noch eine zweite Zacke im Kurvengipfel zeigen, die ihn der Bambergerschen Form wieder nähert, zeitlich der Klappenschlusszacke entspricht, bei *Riegel* aber als Kuriosität in einem Falle von kongenitalem Vitium keine Erklärung findet.

Auch *D. Gerhardt* (31) findet, wie die meisten, einem dem Bambergerschen ähnlichen Typus, eine kleine präsystolische Zacke, die *Bamberger* ja nicht beachtete, eine genau systolische und nach dieser eine weitere, welche die zweite an Grösse noch übertreffen kann; die erste ist die Vorhofswelle, die zweite die Ventrikelwelle; die dritte (siehe oben) setzt er wie *Riegel* genau an die Stelle des

Digitized by Google

Diastole-Beginnes; er erklärt sie durch das hier erfolgende Hinaufrücken der Herzbasis und durch die dadurch bewirkte Stauung des Venenblutes. Manchmal ist die Welle schwach oder kommt gar nicht zum Ausdruck, wenn nämlich die diastolische Saugkraft des Ventrikels gleich bei Beginn der Diastole wirken kann. Natürlich kann auch die Vorhofswelle entsprechend den früher gegebenen Erklärungen mehr oder weniger fehlen. Noch eine vierte Welle hat *Gerhardt*, die in die Systole fällt und oft höher ist als die erste systolische. Man könnte sie wohl am ersten als Analogon zu der zwischen *Bamberger* und *Friedreich* strittigen betrachten. Von den Arterien ist sie nach *Gerhardt* nicht mitgeteilt, denn er findet sie auch bei kleinem Arterienpuls und vor allem auch an der Leber; eine Folge des Venenblutzuflusses, wenn die erste Zacke nur der Ausdruck der regurgitierten Welle ist, ist sie nicht, denn woher da die vorhergehende Einsenkung? eine Dikrotie (nach Art der Friedreichschen Katadikrotie) stellt sie wegen ihrer Höhe wohl kaum dar, eine vom Kapillarsystem reflektierte Welle bei den schlaffen Venenwandungen und der Übereinstimmung zwischen Hals- und Lebervenenkurve gleichfalls nicht; vielmehr scheine sie dem Druckablauf der rechten Kammer, wie ihn *Hürthles* Kurven geben, zu entsprechen. So nimmt die systolische Erhebung an sich bei den verschiedenen Autoren, Plateau- und Trapezformen an, die bald anakroten, bald katakroten Typus zeigen, und gibt dadurch oft ein ziemlich getreues Bild des Druckablaufes in der rechten Kammer.

Das Kapitel vom positiven zentrifugalen Venenpuls hat in neuerer Zeit der englische Forscher *Makenzie* (7) bedeutend erweitert. Seit *Potain* erkannten nämlich die Autoren einen normalen Venenpuls an und fanden die schon oben erwähnten Formen des pathologischen Venenpuls selten, rechneten hingegen die als Undulation erwähnten Bewegungsvorgänge zum grössten Teil dem normalen Venenpulse zu. *Makenzie* stellt nun wiederum alle kardialen Venenbewegungen als physiologisch und klinisch gleich wichtige, und nur graduell verschiedene Erscheinungen dar, die stets eine mangelhafte Funktion des Herzens verraten.

Der oberste Grundsatz *Makenzies* heisst: Jeder Venenpuls kommt nur durch eine echte Regurgitation zu stande, und diese findet nur unter pathologischen Verhältnissen statt. Bei derartigen Gesichtspunkten ist es wohl berechtigt, die Makenzieschen Anschauungen in dieses Kapitel zu registrieren.

Digitized by Google

Da der Vorhof gegen das Venensystem durch zirkuläre Muskelringe an dem Venenmündungen-Vorhof systolisch fest abgeschlossen ist, kann bei völlig normalen Verhältnissen des Zirkulationsapparates keine Regurgitation aus dem rechten Herzen stattfinden. Bei Stauungszuständen, wie sie ja die meisten Herzkrankheiten bald erzeugen, tritt nun mit der Erweiterung des rechten Herzens naturgemäss eine Insuffizienz zunächst dieses Ostiumabschlusses, dann aber recht bald auch der Tricuspidalklappen ein. Jetzt sitzt die Vene dem rechten Herzen wie ein Manometer auf, das jede Druckschwankung von Atrium und Kammer in ihren Hebungen und Senkungen getreulich anzeigt. Zwar ist es natürlich, dass bei Stauungen geringen Grades die dreizipflige Klappe suffizient bleibt und darum nur der Vorhofdruck markiert wird. In den meisten zur Beobachtung kommenden Fällen habe jedoch auch schon jenes Ostium seinen hermetischen Verschluss eingebüsst. So ergeben *Makenzies* Kurven, nehmen wir eine mässige Stauung im Kreislaufe an, zwei Wellen, deren erste wir immer als a, deren zweite als v bezeichnen. Schon durch ihre Namen (a = Auricula oder Herzrohr, v = Ventriculus) verraten sie ihre Provenienz. Die grössere Erhebung a entsteht durch die Kontraktion des rechten Vorhofes und ist demgemäss präsystolisch. Ihr folgt eine Senkung x, die dem Beginn der Vorhofsdiastole entspricht; die Erhebung v ist die Folge der Kammerkontraktion. Sie liegt während und nach der Austreibungsperiode, die eine Welle durch das offene Ostium in Vorhof und Vene schleudert: ihr folgt eine der Kammerdiastole gleichwertige Senkung y. Da a und x somit rein von der Kontraktilität des Vorhofes abhängige Phänomene sind, müssen sie naturgemäss mit der Vorhofsfunktion zunehmen und abnehmen event. verschwinden; d. h. Vorhofsparalyse ist gleichbedeutend mit ihrem Ende. Dagegen sind Änderungen der Pulsfrequenz ohne weittragende Bedeutung für ihre Form. Bei langsamen Puls füllen sich nämlich während der Vorhofsdiastole die Venen langsam und gut, bis seine Systole einsetzt. Hier finden wir also hinter y langsames Ansteigen, das durch eine Zacke unterbrochen wird. Andererseits fällt die Beschleunigung, die ja durch Abkürzung der Diastole erzielt wird, v resp. y zur Last. Die Senkung x leidet natürlich nicht bei frequenter Thätigkeit, denn zur Vorhofsdiastole ist während der Kammersystole genügend Zeit.

Häufig sehen wir im fallenden Schenkel von a eine kleine Zacke oder nur einen momentanen Aufenthalt. Derselbe wird dem schreibenden Instrument von der Karotis mitgeteilt; er muss von ihr her-

Digitized by Google

rühren und nicht von einer Druckveränderung in der Vene aus folgenden Gründen: erstens fällt er zeitlich zusammen mit dem Karotispuls; zweitens nimmt beim Verschieben des Rezeptors gegen die Arterie hin die Welle immer mehr Arterienpulscharakter an, oder die Zacke bleibt bei inspiratorisch entleerten Venen, oder schwindet bei exspiratorisch stark gefüllten; drittens dem Lebervenenpuls oder bei aussetzendem Arterienpulse trotz des weitergehenden Venenpulses fehlt die Zacke.

Komplizierter liegen die Verhältnisse für v. Zunächst fällt ihr relativ spätes Auftreten in der Austreibungsperiode auf. Warum ist, wenn v eine Ventrikelwelle ist, sie nicht genau synchron dem Arterienpuls? So lange der Vorhof kontraktil bleibt, kann er sich diastolisch erweitern, also wenigstens einen Teil des von dem Ventrikel kommenden Blutes aufnehmen. Infolgedessen erscheint der andere erst als Welle, wenn der Vorhof seine Füllung beendigt hat, also ziemlich spät. Mit abnehmender Atriumkraft, bei der stets mehr Blut zurückbleibt und mehr Dilatationsfähigkeit schwindet, wird v rascher weitergegeben. Daher rückt die Welle in die Vorhofsdiastole vor; zugleich nimmt a progredient ab bis zum definitiven Schwinden bei erloschener Thätigkeit des Atrium: Synchronismus des Venenpulses mit dem Arterienpulse. Natürlich wächst auch hierbei v an Grösse; denn mit zunehmender Tricuspidalinsuffizienz wird einerseits die Menge systolisch regurgitierten Blutes grösser, andererseits steigt auch die Kraft des rechten Ventrikels bis zu einem gewissen Grade mit progredienter Stauung. Sehr schön zeigen uns Kurvenserien *Makenzies*, aufgenommen zu Zeiten verschiedenen Stauungsgrades, dieses Übergehen des aurikulären Typs, das ist der Form vorwiegender Vorhofswelle, in den ventrikulären Typ, die Form der vor- oder alleinherrschenden Ventrikelwelle. Wie kommt es nun ferner, dass sich v im Gegensatz zum Arterienpulse über die Austreibungszeit erstreckt oder sogar durch einen Sattel in zwei Wellen geteilt ist, deren zweite nach Schluss der Seminularklappen einsetzt? Diese Sattelbildung zeigt nach ihrer Form und Erklärung gewisse Ähnlichkeit mit *Gerhardts* (32) aufsteigenden Trapez- und Sattelformen, wenn auch die zeitlichen Verhältnisse differieren. Von einem gewissen Zeitpunkte an sei der Kammerdruck zwar nicht mehr gross genug, den Arteriendruck zu überwinden, er könne jedoch so seine gesamte restierende Kraft auf den Widerstand an dem Ostium atrio-ventrikulare verwenden, und mit dieser bringt er den Druck in der Vene noch einmal zum Steigen, ein Moment, der dem Schluss der Seminularklappen genau entsprechen

Digitized by Google

muss. Unter Umständen kann bei dieser Auffassung die Welle v erst an diesem Zeitpunkte auftreten: in jedem Falle aber steigt sie mit diesem Momente an, so dass dieser postsphygmische Abschnitt (Sphygma hier = dem die Austreibungszeit charakterisierenden Arterien-Pulsteile) der eigentliche typische der v-Welle ist. Ähnliche Fälle beschreibt auch *Riegel* (23 [1883]) mit dem Namen „Atypischer Venenpuls" bei Tricuspidalinsuffizienz. Eine weitere Verlaufseigentümlichkeit ist manchmal das Auftreten der v-Welle vor dem Arterienpulse. Bei rein ventrikulärem Typ, wo die gewaltige Kammerkraft sich durch das weit offene Tricuspidal Ostium gegen den geringen venösen Widerstand wendet, kann sie der Arterienwelle zum mindesten um einen Teil der Verschlusszeit vorauseilen, sie gibt also, nehmen wir diesen Anfang und den postsphygmischen Teil als Ende, ein genaues Abbild des Druckverlaufes in der rechten Kammer.

Nach dieser Darstellung der Makenzieschen Erklärung lassen sich wohl kaum Berührungspunkte mit der Arbeit eines älteren Forschers, mit *Dusch* (28) übersehen; und ich führe dessen Arbeit darum erst jetzt an: Auch er spricht von einem hermetischen Abschlusse des Vorhofes in der Systole gegen das Venensystem. In normalem Zustande entstehen nun nach ihm bei der Kontraktion des Vorhofes und des Ventrikels durch die Unterbrechung des Blutstromes rückläufige Wellen (Stauungswellen), von denen die ersten in den Kavis, die letzteren im Vorhofe infolge des dann herrschenden negativen Druckes vernichtet werden. Tritt nun bei übermässiger Ausdehnung und Wanderschlaffung (halbe Paralyse) Insufficienz der erwähnten Muskelringe auf, und infolge der ungenügenden Austreibung des Blutes zeitweise positiver Druck im Atrium, so pflanzen sich regurgitierte Blutwellen bei der Vorhofskontraktion und Stauungswellen bei der Ventrikelkontraktion in die Vene fort. Bei erfolgender relativer Tricuspidal-Insufficienz und totaler Vorhofsparalyse erscheint dann statt der eben erwähnten Wellen die positive ventrikel-systolische regurgitierte Welle. In der Rolle der abschliessenden Muskelringe, sowie den Folgerungen aus dem Vorhofdrucke haben wir unverkennbare Ähnlichkeiten mit dem Makenzieschen Systeme. (Siehe normaler Venenpuls; präsystolische Welle).

Der Leber-Venenpuls.

Ich habe mich bisher in dieser Zusammenstellung nur mit dem pathologischen Jugularvenen- resp. Bulbuspuls befasst und gehe jetzt

Digitized by Google

über zu den Anschauungen über den in gewissen Grenzen parallel gehenden Leber-Venenpuls, der trotz vollkommener Analogie mit jenem als klinisch wichtiges Phänomen einer besonderen Besprechung bedarf.

Schon früh hatte *Senac* (33 [1783]) Unterleibspulsation infolge Rückströmens des Blutes in die Cava inferior erwähnt. Dann stellte *Kreysig* (12) bei Besprechung der „Young"schen Theorie, die das Pulsieren in der Bauchgegend bei Bauchwassersucht infolge einer durch die Flüssigkeit fortgeleiteten Pulsation der Bauchaorta entstehen lässt, die Frage, ob nicht vielleicht die Regurgitation des Blutes in die Cava inferior bei diesen Fällen, die sich als Herzerkrankungen erwiesen, Veranlassung des Phänomens sei. Bestimmter noch drückt er sich an anderer Stelle aus. Dort erklärt er das Klopfen in der Oberbauchgegend bei Erweiterung des rechten Herzrohres und der Kommunikationsöffnung zwischen ihm und der rechten Kammer durch „Reperkussion" des Blutes in die Cava inferior, völlig wie den Drossel-Venenpuls in solchen Fällen durch Reflux in die Cava superior. Er spricht auch einen pulsierenden Tumor in der rechten Seite als Leber an. *Traube* (34 [1856]) gibt einem Fall von Leberpulsation keine Erklärung. Erst *Seidel* (35 [1865]) gibt eine ausführliche Würdigung des Phänomens an der Hand mehrerer Fälle von Tricuspidal-Insufficienz. Er beschreibt den Leberpuls als ein rhythmisches Hochgehobenwerden des Organs einen Moment nach dem Spitzenstoss durch die darunterliegende stark dilatierte Cava inferior. Einmal fühlt er sogar neben dem ruhig stehenden Leberrand deutlich die Vene als pulsierenden, weichen Tumor, eine Beobachtung, die auch *Geigel* machte. Bei Ascites nimmt *Seidel* die epigastrische Pulsation schwach oder gar nicht wahr; denn die zwischengeschaltete Flüssigkeit vermittelt einerseits die Bewegung nur schlecht, andererseits stört sie durch ihren Druck sowohl den venösen Zustrom wie Rückstrom. Bei allen Sektionen fand er, wie es schon *Burns* (36 [1813]) und *Knabe* (24) erwähnen, eine beträchtliche Erweiterung der Cava inferior bis zur Leber. In Fällen, wo trotz bestehender Tricuspidal-Insufficienz kein Leberpuls bestanden hatte, suchte er dagegen eine Erklärung für dessen Fehlen in perikardialen Verwachsungen und Verziehungen um die Eintrittsstelle der Cava herum, die eine beträchtliche Dilatation verhinderten.

Friedreich (29) griff nun als erster scharf die Theorie der „Hebung" für alle Fälle an; er beobachtete doch eine völlige Gleichmässigkeit der Bewegung an allen Punkten des Organes, während er

Digitized by Google

eine starke Dilatation der Vene nur bis zur Leber, nie an dem Stück hinter der Leber fand. (NB. *Knabe* spricht ebenfalls nur von „dilatatio usque ad hepar"). Auch die an den Leberkurven wiedergegebenen anadikroten und katadikroten mässig starken Erhebungen könnten wohl kaum ein Organ von der Grösse und Schwere der Leber emporheben. Nimmt man nach *Friedreich* dazu die stets vorhandene beträchtliche Erweiterung der Lebervenen bis in ihre feinsten Verästelungen, wovon selbst *Seidel* spricht, so „dürfte es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass der rückläufige Blutstrom bei weitem zum grössten Teil vom Endstück der Hohlvene aus direkt in die Lebervene geht. Dann pulsiert die ganze vorwiegend aus erweiterten Gefässen, aber atrophischer Substanz bestehende Leber gleich einem aus einem Konvolut arterieller Gefässe bestehenden Angioma". *Friedreich* giebt daher der Erscheinung den bezeichnenden, bis heute gültigen Namen des Leber-Venenpulses. Experimentell wies dessen Entstehung in den Lebervenen bald darauf *Thamm* an der vielfach gelappten Kaninchenleber nach und erhielt dabei als Form eventuell auch Anadikrotie.

Die noch mangelnde physikalische Erklärung gab *Koch* (37 [1869]). Die Blutwelle des rechten Herzens pflanzt sich, wie jeder andere naturgemäss am besten nach dem Orte geringeren Druckes fort; denselben repräsentieren in diesem Falle im Gebiete der Cava inferior die Lebervenen; denn der hydrostatische Druck in ihnen wird vermindert: erstens durch die Aspirationskraft des Thorax, die sie mehr beeinflusst als die übrigen, deren Blut dem Gesetze der Schwere entgegenströmt; zweitens durch den Umstand, dass die Vis a tergo das Blut hier durch ein zweifaches Kapillarsystem getrieben hat. Den letzten Umstand erwähnt schon *Seidel*, wie er auch von der Leber-Venendilatation spricht; doch zieht er keine Konsequenzen aus diesen Verhältnissen. Jene Gründe erklären uns auch die nur eine kurze Strecke anhaltende Volumveränderung der Cava inferior.

Auf die Basis dieser Forschungen und Beobachtungen stellen sich seither alle Autoren, und wir finden später nur noch einzelne interessante Details. Deren wichtigstes liegt wohl in der Beantwortung der Frage: Warum sehen wir so selten die Vorhofswelle ausgeprägt? mit anderen Worten:

„Warum erscheint der Leber-Venenpuls erst so spät, dass man ihn — nach *Makenzies* Art ausgedrückt — nur als ventrikulären Typ findet?" es stehen doch allen regurgitierten Wellen in der klappenlosen Cava resp. den Vv. hepaticae weniger Hindernisse gegenüber

Digitized by Google

als in den Halsvenen? Bereits *Thamm* (25) äusserte sich in dem Sinne, in dem *Makenzie* später die Frage genauer beantwortet: Zur Hervorbringung der Leberbewegung gehört naturgemäss eine grössere Kraft, die wohl der hypertrophische Ventrikel, aber im allgemeinen nicht das Atrium hervorzubringen vermag. Eine bald vorübergehende deutliche Vorhofswelle kommt unter Umständen bei beginnender Tricuspidal-Insufficienz vor, wenn der Vorhof auf sie noch durch vermehrte Arbeit antworten kann; eine ständige auffallend grosse Welle a zeigt bei *Makenzie* nur das hypertrophische Atrium der selteneren Tricuspidal-Stenose — eine Ausnahme, die völlig die Regel von der eben gestellten Forderung einer gewissen Kraft bestätigen würde. Bei *Volhard* (38 [1902]) finden wir die Angabe der gleichen Hypertrophie des rechten Vorhofes und damit auch die konsequente präsystolische Welle an der Leber häufiger bei chronischem Perikardialexsudate, wo die Vorhöfe gegen den Widerstand des Exsudates und event. Schwielen die Ventrikel zu füllen haben. Auf analoger Basis beruht wohl nach *Volhard* das gleiche Venenphänomen bei einem Falle von hochgradiger Aorteninsufficienz. Hier buchtet sich der linke hypertrophierte und dilatierte Ventrikel stark in die Kammer hinein, drückt sie förmlich platt und liefert dadurch eine enorme Behinderung der diastolischen Füllung, deren Konsequenz natürlich Hypertrophie des rechten Vorhofes ist.

Überhaupt findet dieser Autor die Form des systolisch negativen Leber-Venenpulses nicht viel seltener als die des positiven.

Kapitel II.

Der physiologische Venenpuls.

Diesen Formen des pathologischen Venenpulses gegenüber stellt die Forschung jetzt mit Ausnahme *Makenzies*, den normalen, den physiologischen Venenpuls, der bei völlig gesundem Zirkulationstraktus ständig vorhanden ist. Über seine Formen brachten Experimente und klinische Beobachtungen annähernd die Entscheidung, über seine Entstehung herrschen jedoch bis heute Meinungsdifferenzen.

Als physiologischen Venenpuls dürfen wir heute wohl kaum den von *Friedreich* als normalen beschriebenen bezeichnen; denn nach diesem Autor beruht er einerseits rein auf retrograder Strömung, anderseits wird bei normalem Herzen für ihn die Forderung der Halsvenenklappeninsufficienz gestellt. Diese Insufficienz wird bei ihm un-

Digitized by Google

abhängig von Herzaffektionen durch das häufige Andrängen des Blutes gegen die Klappen infolge heftiger Bronchialkatarrhe, wenn dazu noch durch hochgradige Schwächezustände etc. der Tonus der Gefässwandungen herabgesetzt ist, erklärt; auch häufiges Drängen und Pressen, schweres Heben, Spielen von Blasinstrumenten etc. können die Schliessfähigkeit der Venenklappen aufheben; demgemäss soll nach Aufhören oder Besserung dieser Zustände auch der Venenpuls meist verschwinden. Die Erklärung dieses Zustandes entspricht jedoch nicht völlig seinen *E. H. Weber* entlehnten physiologischen Anschauungen. Normalerweise lässt *Friedreich* eine Blutwelle bei der Vorhofskontraktion in die Kava zwar regurgitiert, jedoch nicht von dort fortgepflanzt werden, da deren Ausdehnungsfähigkeit der von oben und unten kommenden Menge vollkommen genüge. Nur bei Stauungen gelangt unter dem Einfluss des hypertrophischen Atrium diese Welle bis zu den Venenklappen, bei deren Insufficienz weiter hinaus. In solchen Fällen liesse sich *Friedreichs* Vorhofswelle erklären; andernfalls ist sie jedoch nicht in Einklang zu bringen mit der sonst stets gestellten Grundbedingung der Vorhofhypertrophie, die er hier nicht verlangt; man müsste denn annehmen, dass er diese bei den erwähnten Stauungszuständen so häufige Veränderung des rechten Herzens aus dem diagnostischen Gesichtsfelde ausschaltete. Jedenfalls spricht er von völlig mangelnder Herzaffektion.

Besser lässt sich *Friedreichs* Anschauung verstehen, wenn man ihr *Thamms* Forderung verstärkter Herzthätigkeit zugesellt, oder wie *Rosenstein* verlangt, ausreichende Insufficienz der an den Mündungen der grossen Venen vorhandenen zirkulären Muskelfasern, die sonst eine so weite Fortpflanzung retrograder Wellen verhinderten.

Ausser der Vorhofswelle beobachtete *Friedreich* hier auch die schon bei der Undulation erklärte, durch Aortendruck in der Kava ausgelöste momentane Druckerhöhung als zweite Zacke. Nicht unerwähnt sei, dass er diese Form des Venenpulses in Gegensatz zu dem bei Tricuspidal-Insufficienz setzt, mit den Ausdrücken „schwacher" und „starker" Venenpuls, Namen, die *Koch* für die gleichen Phänomene wiederholt.

Während man deswegen diese Form, nimmt man sie wenigstens gemäss dem Sinne des Autors, kaum als normalen Venenpuls bezeichnen kann, haben wir doch schon früher eine Reihe Beobachtungen einer wirklich physiologischen kardialen Venenbewegung in der Form einer einzigen Thalwelle. Bereits *Wedemeyer* (39 [1828]) beobachtete an einem Pferde, dem er in das zentrale Stück der

Digitized by Google

durchgeschnittenen Jugularis einen Katheder einführte, in dem eingeschalteten Manometer ein Steigen der Indexflüssigkeit bei jedem Pulsschlage; dann sah er die Flüssigkeit wieder rasch auf ihr ursprüngliches Niveau sinken. Eine Verwechselung mit respiratorischer Venenbewegung schloss *Wedemeyer* durch das Verhalten der Atmung aus, die die doppelte Frequenz wie der Herzschlag zeigte. Während wir die Konsequenz dieser Beobachtungen bei *Wedemeyer* soweit getrieben finden, dass er *Barrys* experimentell nachgewiesenen Atmungschwankungen des Venenblutes für Puls hielt, werden seine eigenen Beobachtungen von *Weyrich* (40 [1853]) in Bezug auf die Jugularis bezweifelt, auf die Cava superior allerdings zugegeben. Beide Autoren sehen die Ursache des Phänomens in einer saugenden Kraft des rechten Vorhofes, halten es also für eine Thalwelle, was auch *Weyrichs* Kurven zeigen.

Auch *C. Ludwig* (41 [1861]) spricht von einer während der beginnenden Herzerschlaffung in den grossen Venen erzeugten und nach der Peripherie fortschreitenden Thalwelle, und *Donders* (42 [1856]) sagt, die Unregelmässigkeit der Blutbewegung in den Venen erklärend: „wenn die Diastole beginnt, stürzt sich das in den Venen zunächst dem Herzen einigermassen angehäufte Blut in die Vorhöfe und zum Teil auch unmittelbar in die Kammern, und diese mehr oder weniger plötzliche Abspannung der Venenstämme setzt sich zu den benachbarten Venen als negative Welle fort."

Wie alle diese Autoren, so zeichnet auch *Mosso* (43 [1879]) der trotz spärlichen Beweismaterials, wie *Riegel* sagt, eine ausführliche Erklärung des Venenpulses beim normalen Menschen gibt, in seinen Kurven im wesentlichen immer e i n e Welle, im Gegensatz zu allen späteren Forschern, ein Umstand, den *Gottwalt* (44 [1881]) auf Kosten der Aufnahmemethode setzt. Bei dieser Form kommt nun *Mosso* zu folgender Erklärung des Venenpulses: infolge der Zunahme des negativen Druckes im Thorax durch die systolische Entleerung der Herzkammern entsteht eine stark ansaugende Wirkung nach dem Brustinnern, die eine rasche Entleerung der extrathorakalen Venen und damit eine Thalwelle hervorruft: eine dem durch das Einsinken der Brustwand entstehenden negativen Brustwandpulse und dem durch Hochrücken der Leber veranlassten negativen Abdominalpulse völlig analoge Erscheinung. Es sind dies Fakten, die übrigens von *Chauveau* (46 [1858]), *Marey* (47 [1863]), *Landois* (48 [1900]), *Brücke* (49 [1875]) teils einzeln, teils im Zusammenhange besprochen sind. Auch im sog. pathologischen Venenpuls sieht *Mosso* nur diese

Digitized by Google

Erscheinung und spricht sogar von einer Verwechslung des negativen Abdominalpulses mit dem Leber-Venenpuls. Diese Verwechslung ist in Bezug auf die gewöhnliche systolische Form natürlich selbst bei oberflächlicher Betrachtung kaum möglich. Bei der seltenen präsystolischen Form (*Makenzie* und *Volhard*) hält sie genauerer Kurvenvergleichung auch nicht Stand: die Kurvenbuckel beginnen zwar synchron (diastolische Füllung des Herzens), die Thäler jedoch nicht; denn die Leber senkt sich kurz nach Beginn der Karotiswelle, entleert sich jedoch gemäss der Vorhofsdiastole kurz vor der Karotiswelle, da die Verschlusszeit an dieser fehlt (*Makenzie*).

Schon zur Zeit der Mossoschen Erklärung beginnt die Auffassung vom Venenpulse Raum zu gewinnen, die den Namen „normaler oder physiologischer Venenpuls" im modernen Sinne schuf und die einfachen physiologischen Vorstellungen der älteren Autoren auf Grund wichtiger Experimente verbesserte. Damit wurde der Begriff der Undulation beseitigt und dem pathologischen Venenpuls festumschriebene Grenzen gezogen.

Zwar hat es nicht an Stimmen gefehlt, die für den normalen Venenpuls die direkte Basis der Druckveränderungen des Herzens, und noch in extremerer Weise also *Mosso* leugneten; sie wollten ihn durch Zug an der Gefässwand, den das Herz durch seine Lageveränderung bei jedem Schlage ausübe, erklären. Jedoch wies *Gottwalt* diese Auslegung rasch zurück: — schob er das Herz des Versuchstieres, durch das Zwergfell greifend, ganz nach oben und dann nach unten, so pulsierte die Vene ruhig weiter; auch die Möglichkeit, dass die Pulsation der Cava inferior durch die ausgiebige Kontraktion des sie festheftenden Zwergfelles entstehen könnte, widerlegte *Diemer* (50 [1876]) durch Freipräparieren der Kava.

Der systolisch negative Venenpuls.

Potain (51 [1868]) war der erste, der die heute gültige Form des Venenpulses in ihren Grundzügen an sich selbst als normalem Individuum nachwies; seither haben die experimentellen Versuche am Tier und Phantom, sowie die Beobachtungen am Menschen die Existenz eines normalen Venenpulses absolut sicher gestellt. Betrachten wir die Formen der Kurven im ganzen, so finden wir mehr oder weniger ausgeprägt bei seinen ersten Erforschern eine grosse Welle, auf deren aufsteigendem Schenkel eine, auf deren absteigendem Schenkel eine oder mehrere Erhebungen aufsitzen. Es sind dieses vor allem

Digitized by Google

die Kurven *Potains*, *Riegels* und *Franks* (52 [1882]), während bei den übrigen Erklärern mehr oder weniger die einzelnen Wellen als solche in den Vordergrund gerückt sind, oft jedoch auch deutlich den eben erwähnten Grundtypus erkennen lassen. Prinzipielle Unterschiede in den Hauptpunkten der Formen haben wir kaum, höchstens in ihren Erklärungen Differenzen. Am auffälligsten treten ein aufsteigender und ein absteigender Hauptschenkel hervor bei *Riegel*, dessen Anakrotie sich zeitlich völlig deckt mit der Herzdiastole (das heisst: Ventrikeldiastole) und dessen Katakrotie der Herzsystole (d. i. der der Ventrikelsystole und Vorhofsdiastole) entsprechen.

Auch die Pulsbilder der Franzosen zeigen im wesentlichen das gleiche zeitliche Verhältnis, das also zum Ausdruck bringt: Während der Herzsystole ist der Abfluss des Venenblutes befördert, während der Diastole gehemmt.

Um von einem, von allen Autoren gleichmässig fixierten Momente auszugehen, fange ich mit dem Gipfel der Kurve an, der dem Beginn der Ventrikelsystole entspricht.

Die Kurve markiert den ersten Teil des zeitlich ventrikelsystolischen Abschnittes überall als eine allen Bildern gemeinsame, ziemlich jähe Senkung; diese bildet entweder, wie bei *Riegel*, überhaupt den ganzen katakroten Schenkel, oder dem letzteren folgen, wie bei anderen, eine oder mehrere Wellen. Jener plötzliche Kollaps bildet — inspektorisch wie palpatorisch — das Charakteristikum des Venenpulses und gab ihm seinen Namen (*Riegel*): „systolisch negativer Venenpuls.“ *Potain* lässt diese Entleerung der Venen entstehen durch die diastolische Erweiterung des Vorhofes. Doch blieb man bei dieser Erklärung nicht; denn *Mosso* stellte ihr bald darauf seine kardiopneumatische Theorie entgegen. Zwar zeigte *François Frank* (52) am herausgeschnittenen Schildkrötenherzen, dass die angegebene Druckveränderung durch Kammerentleerung in der That ansaugenden Einfluss auf das Venenblut ausübe, und *Luciani* (13), sowie *Sahli* (Meiokardie) stellten sie als mitbeteiligt hin. Jedoch bewies *Frank* durch andere Versuche, dass diese Erscheinung ohne Bedeutung sei, sondern nur die Vorhofsdilatation eine Rolle spiele. *Gottwalt* und *Riegel* hatten schon durch Beobachtung am eröffneten Thorax des Versuchstieres, sowie *Gerhardt* — allerdings unter Vorbehalt — bei einer Thoraxfistel am Menschen die Belanglosigkeit der Mossoschen Forderung erwiesen. Auch die experimentell oder klinisch beobachtete Verfrühung der Vorhofsthätigkeit (*Frank*, *Potain*, *Gerhardt* (31), der ein synchrones Verhalten des Kollapses entsprach, sowie sein Fortbe-

Digitized by Google

stehen bei Aussetzen der Ventrikelthätigkeit und andererseits Ausfall bei künstlich hervorgerufener Vorhofslähmung sind Beweise des überwiegenden Einflusses des Atrium. Damit könnten auch das, in der That bestehende, von *Riegel* als ganz nebensächlich hier in Anwendung gebrachte systolische Herabrücken der Atrio-Ventrikulargrenze und die mit ihm verbundene Streckung der grossen Gefässe hier völlig entbehrt werden. Hingegen ist die Ansicht *E. H. Webers* und *Friedreichs*, durch die systolische Verkürzung der Papillarmuskeln würden die geschlossenen Atrio-Ventrikularklappen trichterförmig in das Lumen der Kammer gezogen, dadurch der Raum des Vorhofes vergrössert und eine Steigerung der Saugwirkung erzielt, durch *Krehls* (53 [1889]) Arbeiten über den Klappenmechanismus direkt widerlegt; die Tricuspidal- und Mitralzipfel legen sich mit ihrer ganzen Fläche aneinander, ein Umstand, der die Trichterbildung unmöglich macht. So ist das Schlussergebnis *François Franks* völlig berechtigt, wenn er sagt: „Un affaissement indépendamment de toute influence extérieure au coeur (aspiration thoracique) et indépendamment de toute intervention ventriculaire directe ou indirecte."

Auf welcher Eigenschaft der Vorhofsdilatation, wenn schon die Abhängigkeit von ihr erwiesen ist, beruht nun der jähe Abstieg der Welle, der, wie *Gerhardt* sagt, eine gewisse Raschheit und Intensität der Diastole des Atrium verrät. Die einen (*Wedemeyer*, *Zungenbühler* (54 [1815]) etc. sprechen direkt von einer „activa cordis expandendi facultas", die übrigen geben dem Rückstreben der kontrahiert gewesenen Muskulatur in ihren physiologischen Zustand der Erschlaffung Schuld. Aber andere, z. B. *Franc* sagen ausdrücklich: „Les parois de l'oreillette n'exercent pas elles-mêmes aucune influence aspiratrice sur le sang." Sie sehen in dem elastischen Zuge der Lunge, der durch die kardiopneumatische Wirkung verstärkt wird, oder in einem gewissen Drucke des angestauten venösen Blutes die Ursache „de l'afflux rapide."

Kurz hinter dem Beginn der besprochenen Senkung finden wir eine kleine spitze Zacke, die sich oft nur als Aufenthalt in der momentanen Deszension markiert, in den meisten Kurven, mit konstanter Ausnahme der an völlig isolierten Venen geschriebenen z. B. (*Gottwalts* und *Knolls*), ein Umstand, der uns die Erhebung schon als rein accessorische dokumentiert. *Riegel* und *Potain* lassen die Zacke genau mit dem Beginn der Herzsystole zusammenfallen und geben für ihre Entstehung zwei Möglichkeiten an: als erste lässt *Potain* den systolischen Stoss bei Klappenschluss auf das Vorhofsblut sich fortpflanzen.

Digitized by Google

Franc findet das Gleiche: Le soulèvement correspond sans doute à l'ébranlement dû à la fermeture des valvules. *Riegel* hingegen glaubt, der Klappenschluss könne momentan eine Stauung des Venenblutes veranlassen, freilich nur momentan, da ja sofort die Diastole des Vorhofs kompensierend einsetzt. Als zweite Möglichkeit gilt dem französischen und dem deutschen Forscher eine momentane Erschütterung der Halsvenen durch die systolische schwellende Aorta. Auch eine im Beginn der Ventrikelsystole in den dilatierten Vorhof regurgitierte Welle, die *Gottwalt* nennt, aber für zu schwach zum Hervorbringen einer Venenwelle erklärt, hätte damals angeführt werden können, jedoch widerlegten die schon zitierten Krehlschen Ausführungen jeden Einfluss der Verhältnisse an der Ventrikelklappe. Die indirekte Einwirkung des Klappenschlusses, die nach *Riegel* eine momentane Stauung des Vorhofsblutes erzeugen soll, sowie die Kontraktion des Muskelringes um die Atrio-Ventrikulargrenze, die den unteren Teil des Vorhofes verengere und dadurch eine kurze rückläufige Welle hervorrufe (cit. *Gerhardt*) fällt durch das kompensatorische Einsetzen der Vorhofsdilatation fort. Alle diese Erwägungen haben jedoch nur historisches Interesse; denn nach genauer zeitlicher Analyse deckt sich die Zacke durchaus mit dem Gipfel des Karotispulses und dieser Umstand sowie die von *Makenzie* (1. Kap. I.) genauer angeführten Eigentümlichkeiten erklären sie uns ungezwungener als den der Vene mitgeteilten Karotispuls. Dass derselbe nur zum geringen Teil, als kleine spitze Erhebung, zum Ausdrucke kommt, ist eine Folge der Übertragung durch das sehr nachgiebige und unelastische Zellgewebe. (*Gerhardt*).

Nach dieser Erhebung fällt die Kurve weiter und zwar bei *Riegel* und *Frank*, desgl. *Frédéricq* (55 [1886]) bis zum Beginn der Ventrikeldiastole; bei *Potain* und *Gottwalt* nimmt bereits der Gipfel der nächsten Welle diesen Zeitpunkt ein, so dass eigentlich nur die Kurven *Riegels* und *Franks* genau das zeitliche Verhältnis „Ventrikelsystole, Venensystole" aufweisen. *Riegel* hält das anhaltende Sinken des Druckes für selbstverständlich als vorhofdiastolisch, während *Frank* hier eine „influence aspiratrice" des Ventrikels noch zu ihrem Recht gelangen lässt.

Am besten verstehen wir jedoch die Verschiedenheit der Formen, suchen wir an den Kurven der Autoren die folgende Welle auf, die wir als bei allen mehr oder weniger doch in die Herzdiastole fallend, die herzdiastolische nennen wollen.

Gottwalt sagt: Bald nach Eintritt der Vorhofdiastole hat sich

Digitized by Google

der Vorhof so weit gefüllt, dass er dem weiteren Einfliessen des Blutes einen gewissen Widerstand entgegensetzt. Jetzt beginnen sich die Venen wieder zu füllen, da durch die vis a tergo mehr Blut in sie hineinfliesst, als in den Vorhof abfliessen kann. Dieses Anstauen, das *Potain* gleichfalls beschreibt, dauert bis zum Eintritt der Ventrikeldiastole, den *Gottwalt* auskultatorisch durch den zweiten Ton, jener durch Kurvenvergleich mit der Arterie feststellt. Dann folgt genau diesem Moment entsprechend ein Einsinken der Venenwand. *Potain* und in neuester Zeit auch *Knoll* und *Hering* (56 [1904]), die hier die gleiche Form und Ursache anerkennen, lassen dieses die einfache Folge der Ventrikeldiastole sein, die den Abfluss aus dem Vorhof wieder herstellt; *Gottwalt* gibt uns hier kompliziertere Verhältnisse und legt mit ihnen die Konsequenz der Ventrikeldiastole später: nach ihrem Beginn muss zunächst der eingeschaltete Vorhof sein Blut abgegeben haben, damit die Erscheinung der Entleerung der Venen, d. h. das definitive Einsinken der Wandungen stattfinden kann — also folgt der zur Welle gehörige katakrote Schenkel erst später als bei *Potain*. In diesem Zwischenraum findet nun *Gottwalt* zunächst eine andere Welle. Nach *Goltz* und *Gaule* (57 [1878]) findet sich nach Schluss der Semilunarklappen ein hoher, plötzlich auftretender und nur kurze Zeit dauernder negativer Druck in den Ventrikeln, der natürlich eine negative Welle im Vorhofblut erzeugt, die schnell zu den Venen gelangt und sogar noch eine kleine Nachschwingung (Dikrotie) erzeugt. Nach Schluss dieser Thalwelle tritt erst der echte diastolische Zusammenfall durch Entleerung ein. So bringt uns *Gottwalt* drei diastolische Wellen.

Eine energische Thalwelle findet auch *Knoll* im Beginn der Diastole als Unterbrechung der langsamen Anstauung des Venenblutes, und auch bei ihm wird dadurch der zweite, der ventrikelsystolische Buckel, gebildet.

Wie erklären nun die Autoren, die ihre diastolische Welle erst mit Beginn der Ventrikeldiastole sich erheben sehen, deren Genese?

Riegel hält es für selbstverständlich, dass mit dem Fortfall der günstigen Umstände für den Abfluss des Venenblutes das Gefäss sich langsam wieder füllt, und so steigt seine Kurve synchron dem Diastolebeginne an.

Auch *Sahli* schliesst sich diesem Kurvenbilde an. Er sagt, dass die Auxokardie — das ist die diastolische Volumvermehrung, ferner die Vorhofskontraktion und die abflusshemmende Verschlusszeit, die noch keine Meiokardie — das ist Volumverkleinerung — bewirke,

Digitized by Google

in Summa trotz der diastolischen Saugkraft des rechten Ventrikels ein Anstauen des Venenblutes verursachen; dem ist jedoch entgegenzuhalten, dass im Anfange der Diastole der diastolischen Saugkraft nur die Auxokardie entgegensteht; da ist es doch wahrscheinlich, dass erstere sich als der überlegenere Faktor zeigt. Eher würde sich die Auslegung mit dem von *Sahli* korrigierend gebrauchten Ausdruck des „diastolischen Nachlassens des Widerstandes für das Eindrängen des Blutes" vereinbaren lassen. Doch dürfen wir nicht vergessen, dass man den einen Ausdruck keineswegs als nur verbessernden für den anderen gebrauchen darf.

Woher nun die deutliche Welle im Anfang der Anstauung? Diese Frage beantwortet *Riegel* so: Die Erweiterung der Aorta im Beginne der Rückstosswelle erzeugt eine Verengerung der anliegenden Hohlvene, durch welche synchron die höher gelegenen Venen anschwellen. Dann folgt die Verengerung der Aorta und damit eine rasche Erweiterung der Hohlvene: ein plötzlicher, tiefgehender Kollaps oberhalb derselben. Zunächst ist es schon klar, dass diese Erklärung des diastolischen Anstieges durchaus nicht in Einklang zu bringen ist mit der oben gegebenen, nach der mit Fortfall der günstigen während der Ventrikelsystole gegebenen Bedingungen der Abfluss des Venenblutes wieder stocke: denn beide erfolgen der Natur ihrer Entstehung nach in ganz verschiedenem Tempo. Abgesehen davon finden wir die Welle (nach *Gerhardt*) bei hoch wie niedrig gespanntem Pulse völlig ausgesprochen, was bei *Riegels* Hypothese nicht möglich wäre. Vor allem sehen wir sie auch bei dem selteneren aurikulären Leber-Venenpuls.

Die Kurven *Franks* zeigen uns statt dessen eine kleine positive diastolische Welle, gefolgt von einem tiefen Thal, das entschieden das Hervorstechendste dieses Teiles ist. *Frank* hält die Welle für eine Vorhofswelle: während der Systole des Ventrikels steigt bekanntlich der negative Druck des Thorax, gleichbedeutend mit dem vermehrten elastischen Zuge der Lunge, der den Vorhof so lange diastolisch gedehnt halte. Kommt nun mit der diastolischen Erweiterung des Ventrikels die Erhöhung des negativen Druckes im Thorax in Fortfall, damit aber der Vorhof unter geringeren negativen Druck, so soll sich jetzt seine elastische Wandung wieder durch eine rasche Kontraktion in Gleichgewichtsstellung bringen. Dieses erzeuge, meint, *Frank*, eine kurz dauernde Druckerhöhung im Atrium mit nachfolgender Venenanschwellung. Dieser Anschauung widersprechen nach *Gerhardt* vor allem die Verhältnisse bei exsudativer Perikarditis;

Digitized by Google

hier steigt oft der Druck innerhalb des Herzbeutels so hoch, dass er den negativen Druck im Thoraxraum weit überwiegt. Dann wird natürlich die geringe Druckverminderung, welche der positive intraperikardiale Druck durch den Zug der Lunge erfährt, keinen Einfluss auf die passive Erweiterung des Vorhofes haben können. Und gerade bei dieser Krankheit hat man auffallend deutlichen Venenpuls.

Als unterstützendes Moment führt *Frank* dann an: „Le déplacement brusque de la base du coeur, qui s'affaisse et retombe pour ainsi dire par son poids." Die Herzbasis, die mit der systolischen Aufrichtung ihre Lage verändert hatte, kehrt unter dem Einflusse der Schwere des Herzens jäh in ihre alte Lage zurück und ruft dadurch eine Erschütterung des Venenblutes hervor. Diesem Umstande entspräche allerdings dann dem „petit soulèvement." Auch die Erschütterung bei Schluss der Seminularklappen glaubt *Frank* noch als Ursache der geringen Druckvermehrung herbeiziehen zu können. *Gerhardt*, der eine grosse, aus gleich hohem anakrotem und katakrotem Schenkel bestehende Welle findet, hält die Franksche Erklärung für nicht genügend. Er sieht darin, dass das Herz, wie oben gesagt, mit Beginn der Diastole durch Heraufdrücken der Basis seine alte Länge wieder einnimmt und dass die gestreckten Gefässe so verkürzt werden, ein Moment, das wohl geeignet ist, den Abfluss des venösen Blutes zu stauen, vielleicht sogar eine rückläufige Welle hervorzurufen. Im übrigen findet *Gerhardt* (60 [1905]) neben dieser Form manchmal auch den systolischen Anstieg *Potains* etc.

In den Kurven der Franzosen finden wir regelmässig, seltener bei *Gerhardt*, hinter dieser Erhebung die schon erwähnte tiefe, rasche Einsenknng, eine Folge des sofort nach Beginn der Diastole sich für kurze Zeit einstellenden negativen Ventrikeldruckes. *Goltz* und *Gaule* sehen diesen als Ausdruck der elastischen Eigenschaften des Herzmuskels, *Luciani* als Folge der aktiven Diastole an, während *Frank* selbst wieder den elastischen Zug der Lunge ins Feld führt, der eine energische Überdehnung veranlasse.

An die Senkung schliesst sich dann eine langsam aufsteigende Linie, die zum Ausdruck bringt: das während der Diastole fortwährend zum Herzen hinfliessende Blut findet allmählich immer weniger Platz im Ventrikel und Vorhof und staut sich demgemäss mehr und mehr im venösen System, eine progressive Erhebung der Venenwand veranlassend, die, wie uns *Riegel* lehrt, plötzlich von einer steilen Welle unterbrochen wird. *Gerhardt* findet ein solches Verhalten nur ausnahmsweise; bei ihm folgt die präsystolische Welle

Digitized by Google

sofort der diastolischen. Die meisten Ausnahmefälle erklärt er wie jene, sieht jedoch einmal statt gleichmässigen Ansteigens bei langsamem Pulse ohne bedeutende Blutdrucksteigerung eine ganz gleiche zweite diastolische Welle. Diese deutet er folgendermassen: Unter den genannten Umständen fliesst das Venenblut nicht kontinuierlich, sondern gegen das Ende der Diastole stockt der Zufluss, das bedeutet im Anfange die oben erklärte Füllung des Gefässes, gegen Schluss die Folge der Verminderung des Zustromes. Auch die von *Frey* und *Krehl* an der Vorhofskurve für langsamen Puls angegebene postsystolische Drucksteigerung könnte nach *Gerhardt* hier in Betracht kommen. (Cit. *Du Bois* Archiv 1890.)

Am Ende der Ventrikeldiastole finden alle Autoren eine deutliche Welle, ausgelöst ohne Zweifel vom Vorhof, deshalb die präsystolische genannt. Schon ihre ersten Erklärer sträubten sich, sie beim normalen Venenpuls durch Regurgitation von Vorhofblut bis in die Halsvenen entstehen zu lassen und suchten in dem plötzlich durch die Vorhofskontraktion erschwerten Abflusse des Venenblutes die Ursache; jedoch musste man sich mit der Thatsache der Regurgitation bald nach Möglichkeit abzufinden suchen. Zwar negieren *Dusch* und *Makenzie* entschieden eine solche normale Rückströmung, die bei ihnen durch fest abschliessende Muskelringe verhindert wird; doch weist *François Frank* mit Sicherheit die Existenz eines bis zu den Halsvenenklappen gehenden regurgitierten Blutquantums nach. Auch Knollsche direkte Beobachtungen am Gefässsystem von Kaulquappen scheinen die Frankschen Untersuchungen zu bestätigen. *Riegel* etc. nehmen nur einen geringen oder gar keinen Einfluss dieses rückläufigen Stromes an; denn, sagen sie, er geht in den sich erweiternden, als Reservoir dienenden Venenstämmen verloren. Höchstens ist er ein accessorisches Moment, das zur Hemmung des Abflusses beiträgt, und das Anschwellen der Vene wird im wesentlichen durch den bei plötzlich gehemmtem Abflusse fortdauernden Zustrom des Blutes bewirkt[1]).

Ist nun diese Exkursion der Venenwand der Ausdruck einer Bergwelle, wie sie *Knoll* nennt, oder nur der des vermehrten Füllungszustandes? *Diemer* spricht allerdings von einer durch die Regurgitation bedingten Welle in der Vena cava inferior. Dass die von ihm beobachtete rückläufige Pulswelle von einem rückläufigen Blutstrome be-

1) Nicht unerwähnt sei, dass schon *Geigel* eine völlig normale syst. rhythmische pulsähnliche Anschwellung der Jugularis externa im gleichen Sinne erklärt.

Digitized by Google

gleitet ist, nimmt er nicht als bewiesen an. Jedoch genüge die durch die Regurgitation eines Quantum am Ende der Kava entstehende stossweise Spannungserhöhung, die sich nach dem Orte niederer Spannung auszugleichen sucht, jedes einzelne Massenteilchen der rückwärts gelegenen Blutsäule in Schwingungen zu versetzen, die sich in toto als rhythmische Welle präsentieren.

Eine genaue Besprechung der Frage bietet *Gerhardt* (31). Theoretisch wird beim plötzlichen Verschlusse der Ausflussöffnung eines elastischen Rohres, durch welches eine gleichmässige Flüssigkeitsströmung statt hat, jedesmal eine rückläufige Bergwelle entstehen, deren Auftreten noch dadurch begünstigt würde, dass man zugleich Flüssigkeit vom Ausflussende in die Röhre hineinpresst. Ob nun die Intensität dieser Welle gross genug ist, um für unsere Augen und für unsere registrierenden Apparate wahrnehmbar zu werden, dafür wird der Impuls, der die Grösse der Welle beeinflusst, massgebend sein. Entsteht er dadurch, dass ein Flüssigkeitsstrom unterbrochen wird, so ist er proportional der Intensität des Stromes, das ist seinem Gefälle. Hierzu käme mit Berücksichtigung der Regurgitation noch deren Kraft. Für das erste stehen uns nur einige Zahlen zur Verfügung: so findet *Jakobson* (cit. *Tigerstedt* (58 [1893]) in den Venen nahe am Halse durchschnittlich 0,1 mm Hg; für den Vorhof giebt *Gerhardt* nach den Angaben *Freys* nur 2,0 als niedrigsten Wert. Das gäbe allerdings so geringe Werte, dass einerseits durch den blossen Abschluss, andererseits durch das regurgitierende Quantum keine bedeutenden Wellen erzeugt werden können, eine Konsequenz, zu der *Gerhardt* kommt. Als Maximaldruck im Vorhof findet sich aber, bei den verschiedenen Autoren etwa 20 mm, und da der Maximaldruck zur Zeit des Systolebeginnes herrscht und die regurgitierten Wellen hervorruft, müsste deren Kraft zunächst einwandsfrei bestimmt werden. Denn dann könnte man sie entweder für diesen Punkt ausschliessen oder nach *Diemer* verwerten. Die spitze Vorhofszacke *Franks* könnte allerdings eine starke Mitbeteiligung einer solchen Welle verraten, während das ruhige Ansteigen bei *Gerhardt* mehr für die Stauungstheorie spricht.

Ein gewisses Mitwirken der Stauung durch die Vorhofssystole schliesst auch *Makenzie* nicht aus und lässt durch es sogar die „sogenannten Venenpulse" an den distalen Venen entstehen; jedoch ist nach ihm zum Hervorbringen des echten Venenpulses am Halse immer eine retrograde Welle erforderlich.

Digitized by Google

Zum Schlusse dieser Erklärungen der Formen des normalen Venenpulses sei kurz gesagt, dass die Respiration im gleichen Sinne auf die Venenkurve einwirkt wie auf die Arterienkurve: inspiratorisch senkt sich die Kurve, Exspiration hebt sie; schwächere Pulsation schwindet inspiratorisch, stärkere wird weniger intensiv (*Dusch*).

Kapitel III.

Über die diagnostische und prognostische Bedeutung des pathologischen und des normalen Venen-Pulses.

Wie sich aus all dem Wirrwar von Formen und Erklärungen des pathologischen Venenpulses die Form des positiven zentrifugalen Venenpulses mehr und mehr heraushob, so folgte auch der Erkenntnis seiner Form die Einsicht in seine klinische Bedeutung. Der erste war *Bamberger*, der die scharf umgrenzte Erklärung gab: „Der Halsvenenpuls, das heisst das, was ich als solchen bezeichne, der systolische Venenpuls, ist charakteristisch für Tricuspidal-Insuffizienz und Halsvenenklappen-Insuffizienz", eine Ansicht, die bis heute im allgemeinen gültig ist; — (natürlich gilt für Bulbuspuls das an früherer Stelle schon Erwähnte).

Aber schon mit der Erkenntnis der häufig ausgedrückten Vorhofszacke stieg der diagnostische Wert; denn diese Welle gab Einsicht in die Vorhofsthätigkeit. Schwand sie, so bedeutete dieses zunehmende oder definitive Lähmung des rechten Vorhofes — gleichbedeutend mit einer Verschlechterung der Prognose.

Welche prognostische Bedeutung lässt nun überhaupt die positive Venenwelle zu? Diese Frage hängt eng mit der Bedeutung und Anschauung von der relativen Tricuspidal-Insuffizienz zusammen. Relative Tricuspidal-Insuffizienz kann bei jeder Stauung im venösen System zu stande kommen, mag eine Erkrankung im grossen oder kleinen Kreislauf die Schuld sein. Die Dehnung des rechten Ventrikels erreicht bei höherem Grade eine derartige Ausdehnung, dass die Tricuspidalis das Lumen nicht mehr verschliesst. Im übrigen kommen auch ohne direkte Hindernisse im Kreislauf z. B. bei Tachycardien aller Art solche Dehnungen des rechten Herzens zu stande, ein Beweis dafür, dass dort die Blutaustreibung nicht der schnellen Aufeinanderfolge der Kontraktion proportional ist (*Gerhardt* & *Makenzie*). In gewissem Sinne nun bietet die Tricuspidal-Insuffizienz, die bei stärkerer Dilatation auftreten muss, eine Ausgleichung für die Belastung

Digitized by Google

des Lungenkreislaufes, die unbedingt bei Stauungen im rechten Herzen früh zu deletären Erscheinungen führen würde, schüfe die Insuffizienz nicht einen Abfluss des Venenblutes. Andererseits jedoch wird durch diese Regurgitation eine Vermehrung der Stauung im grossen Kreislauf erzeugt, die sich besonders im nahe gelegenen Gehirn geltend macht. Eine kompensatorische Bedeutung kommt aber doch in jedem Falle der relativen Insuffizienz zu, wie wir ja auch Fälle von Mitral-Vitium und organischer Tricuspidal-Insuffizienz oft auffallend lange gut kompensiert sehen, *Volhard* (59 [1904]). So sind die Ansichten sehr geteilt über die prognostische Bedeutung des dem Vitium ja parallel gehenden Venenpulses; für die einen ist sein Auftreten, für die anderen sein Verschwinden ein „Signum mali ominis."

Die Höhe der positiven Welle lässt natürlich im einzelnen Falle Schlüsse zu: je höher die Welle, desto kräftiger die Kontraktion, und wenn gegen das Lebensende die Systole schwächer wird, sinkt die Höhe der sie begleitenden Welle immer mehr.

Hingegen besagt nach *Geigel* die Höhe und Steilheit der Welle für die Kraft des rechten Ventrikels, verglichen mit der des linken, gar nichts: die in jedem Falle geringere Kraft der rechten Kammer ruft infolge des geringen Seitendruckes der Vene eine absolut viel höhere Exkursion hervor, als der noch so sehr hypertrophierte linke Ventrikel es in dem gespannten Aortensystem vermag.

Wir sehen hier den Riegelschen Satz bestätigt: der positive Venenpuls wächst und fällt mit der Herzkraft in geradem Verhältnis.

Welche Veränderungen geht nun der normale Venenpuls bei Krankheiten des Zirkulationssystems ein? Es ist natürlich, dass die Stauungserscheinungen, die vor allem Mitralfehler im Venensysteme begleiten, ihren Einfluss in erster Linie auf die Vorhofswelle ausüben müssen, und so sehen wir das unter der vermehrten Inanspruchnahme dilatierte und hypertrophierte rechte Atrium eine unter Umständen gewaltige Exkursion der Venenwand und einen seiner Erweiterung entsprechenden Kollaps veranlassen: Übergangsformen zum pathologischen Venenpulse" oder „verstärkter normaler Venenpuls" nennt *Riegel* (20) diese Formen. Seltener sind sie natürlich bei Aortenfehlern, bei denen ja die Schädigung des rechten Herzens erst später auftritt.

Auch chronische Pericardialexsudate, die ja eine erhöhte Thätigkeit des rechten Atrium erfordern (siehe Leber-Venenpuls), wirken nach diesem Autor in gleichem Sinne auf die Venen und zwar nicht nur dadurch, dass sie eine starke Stauungswelle hervorrufen, sondern vielmehr eine echte regurgitierte (*Volhard* [38]). Die Beobachtung

Digitized by Google

Skodas u. a., dass ein echter rückläufiger Venenpuls bei Herzbeutelergüssen vorkommt, wird dadurch als richtig bestätigt, jedoch sein Auftreten zeitlich in die Präsystole verlegt. Dass ein akutes Exsudat keine derartige Erhöhung der Vorhofswelle zeitigt, zeigen Riegelsche Versuche: es führt natürlich zu einer raschen Stauung im venösen System, jedoch fehlt die Zeit zur Entwicklung einer Atriumhypertrophie und demgemäss die Ausprägung der Welle.

Einen wesentlichen grossen Zuwachs zeigt die Vorhofswelle auch dann, wenn bei ventrikulärer Extrasystole diese Extrasystole mit der Vorhofskontraktion der nächsten normalen Systole zusammenfällt. *Hering* leitet diese Vergrösserung, wie auch *Makenzie*, aus dem Umstande ab, dass in solchen Fällen der Vorhof kein Blut in den kontrahierten Ventrikel entleeren kann und so die Venenfüllung eine grosse werden müsse. *Gerhardt* hingegen zieht das Offenbleiben des Tricuspidal-Ostium bei der unvollkommenen ventrikulären Zuckung mit in Betracht.

Auch bei einer anderen Form der Rhythmusstörung (*Wenkebach* 60 [1903]), einer Störung der Reizleitung, wenn nämlich Systolen an der Atrioventrikulargrenze blokiert werden, kann die Vorhofswelle wachsen; denn fällt nach ihm bei zunehmender Schädigung der Überleitung vom Atrium auf den Ventrikel schliesslich eine Ventrikelkontraktion aus, so kann die nächstfolgende Vorhofkontraktion ja nur wenig Blut in die stark gefüllte Kammer entleeren und erregt so in die Vene eine besonders hohe regurgitierte Welle.

Im wesentlichen trifft für alle diese Erfahrungen die zweite Riegelsche These zu; der normale Venenpuls nimmt mit zunehmender Kreislaufstörung an Höhe zu und mit zunehmender Herzkraft ab.

Bei *Makenzie* muss, da er nur pathologischen Venenpuls kennt, selbst die unveränderte Vorhofswelle von weittragender diagnostischer Bedeutung sein; findet er sie doch bei Menschen, deren Zirkulationssystem andere Forscher nicht für nachweisbar geschädigt erklären würden. Zunächst zeigt sich der aurikuläre Venenpuls nach *Makenzie* schon in Fällen von herabgesetzter Funktionsbreite des Herzens, bei denen ja rasch eine Insuffizienz der normalen Verschlüsse bei ausgiebiger Bewegung eintreten solle. Auch Schädigungen, wie Anämie, Schwangerschaften, Fettsucht, Kachexien, wirken in gleichem Sinne, und je ausgeprägter der Venenpuls, um so schlimmer die Prognose. Ja *Makenzie* geht soweit in seinen Konsequenzen: Tritt bei Gravidität die aurikuläre Form in die ventrikuläre über, so ist das Grund zur künstlichen Beendigung der Schwangerschaft. Dass bei chronischen

Digitized by Google

Erkrankungen des Herzmuskels der Venenpuls von grossem diagnostischem Werte und seine Veränderungen von prognostischer Wichtigkeit sind, ist selbstverständlich. Könnte man viele der klinischen Konsequenzen aus der Lehre *Makenzie* über die Vorhofswelle auch insofern annehmen, als ja ein auffallend deutliches Auftreten immerhin irgend einen pathologischen Vorgang im Zirkulationssystem vermuten lässt, so entbehrt doch seine Anschauung über die Entstehung der Ventrikelwelle bei beginnender oder mässiger Herzdilatation nach den Untersuchungen von *Frey* und *Krehl*, sowie *Knoll* jeder Unterlage; denn relative Insuffizienz tritt erst bei bedeutendem Grade von Erweiterung des rechten Ventrikels auf[1]).

Im übrigen findet sich eine der Makenzieschen Erklärung ähnliche schon bei *Thamm* verwendet, der den Venenpuls bei Chlorose ohne organischen Herzfehler durch eine infolge von Erschlaffung der Papillarmuskeln entstandene Tricuspidal-Insuffizienz zu erklären suchte.

Eine wichtige pathologische Änderung des normalen Venenpulses kann bei Stauungen nach *Gerhardt* (62) folgendermassen zu stande kommen: in der Norm wird das diastolische Einströmen des Blutes aus dem Vorhofe und den Venen in den Ventrikel verdeckt durch die diastolische positive Welle, jedoch finden wir schon bei *Frank* immer, manchmal auch bei *Gerhardt*, ein diastolisches Einsinken ziemlich stark angedeutet. In Fällen mässiger Herzinsuffizienz (ohne Tricuspidal-Insuffizienz) tritt nun dieser diastolische Kollaps stärker, mitunter als Hauptphänomen hervor, ein Umstand, den *Gerhardt* durch das mehr oder weniger starke Versagen der Vorhofsthätigkeit, d. h. das Aufhören der Vorhofswelle, erklärt. Es ist jedoch auch denkbar, dass hier eine als Kompensation für die ansaugende Vorhofsdiastole auftretende Verstärkung der ventrikeldiastolischen Saugwirkung zum Vorschein kommt.

In jedem Falle muss man sich bei dieser Beobachtung vor einer Verwechslung mit dem Friedreichschen diastolischen Venenkollaps bei Mediastino-Pericarditis hüten, ein Fehler, in den *Dusch* verfallen zu sein scheint, indem er die Skodasche Form IV (systolische Venenwelle mit diastolischem Kollaps bei Vorhofsparalyse) als eine Verwechslung mit jenem Phänomene *Friedreichs* erklärt; es liegt kein

[1]) Es ist nicht uninteressant zu sehen, wie alle Riegelschen Fälle von gesunden Herzen im Makenzieschen Sinne krank sind und wie auch die Kurven der übrigen Autoren zum grössten Teil von Leuten stammen, die in Krankenhausbehandlung sind, Fakten, die die Anhänger der Makenzieschen Theorie verwenden könnten.

Digitized by Google

Grund vor, *Skodas* Beobachtungen bei Vorhofsparalyse als etwas anderes zu betrachten, al sdas neuerdings von *Gerhardt* beschriebene Symptom.

Diagnostisch bedeutsam ist nun vor allem der normale Venenpuls — schliessen wir *Makenzies* Formen mit ein — für Arythmen jeder Art. Die Arbeiten *Makenzies, Wenkebachs, Herings* und seiner Schüler, *Gerhardts, Volhards* u. a. zeigen, dass der Venenpuls ein unentbehrliches Hilfsmittel ist, um zn eruieren, ob wir Extrasystolen haben, und wie sie verlaufen.

Die aurikuläre Extrasystole, d. i. die am Vorhofe ausgelöste zeigt einen Parallelismus der Venen- und Arterienkurve: der Arterienwelle geht eine Vorhofswelle am Venenpulse voran.

Der ventrikulären Extrasystole, die ihren Ausgang an der Kammer nimmt, fehlt natürlich die präsystolische Welle. Bei der als Unterart dieser Form aufzufassenden retrograden Extrasystole[1]) erscheint die zu dieser Systole gehörige Vorhofswelle nach der Kammerzuckung, jedoch natürlich vor dem Moment, wo die nächste Vorhofswelle hätte eintreten sollen (*Hering* cit. *Gerhardt*) (61). Es können aber auch (wie an einem von *Gerhardt* mitgeteiltem Falle ersichtlich ist) infolge des üblichen verspäteten Erscheinens der Extrapulswelle Vorhof- und Arterienwelle synchron werden.

Dieses Wenige mag genügen, die wichtige Rolle des Venenpulses bei Analysierung der Vorgänge am Herzen zu betonen.

Kapitel IV.

Wo kommt der Venenpuls zur Beobachtung?

Es ist natürlich, dass man den positiven, zentrifugalen Venenpuls, dem doch eine mehr oder weniger grosse Intensität der Exkursion zu Grunde liegt, an einem relativ grösseren Gebiete der oberflächlichen Venen beobachtet als den normalen. Vor allen Dingen sind die Vv. jugulares int. Hauptfundstätten und zwar die Jugulares int. dextra mehr als die sinistra, weil jene fast graden Weges durch die Cava superior und anonyma dext. mit dem rechten Vorhof zusammenhängt; auch an den Externis ist der pathologische Venenpuls

[1]) Unter retrograder Extrasystole versteht man eine vom Ventrikel ausgehende Extrasystole, die rückläufig am Vorhofe Erregungen auslöst, bei der also der nächtse normale Herzschlag von dem Extraschlag um die Dauer des normalen Pulsschlages getrennt ist.

Digitized by Google

oft deutlich zu sehen, doch selten so ausgeprägt, wie an den Int., die man inklusive ihrer Äste bis zum Kieferrande oft als dicke Stränge wahrnehmen kann. Gar nicht so selten findet man die Pulsation auf die Gesichtsvenen, Schädelvenen, die Vv. thyreoidae, seltener die oberflächlichen Venen der oberen Thoraxgegend und der Arme sich erstrecken.

Des Leber-Venenpulses ist ja schon früher gedacht. Dass er auch schon vor dem Jugularpulse zur Beobachtung kommt, darin stimmen die Autoren überein, und *Dusch* giebt hierfür folgende Erklärung: Nur ein kleiner Teil der Cava inferior unterliegt dem negativen Drucke des Thorax, und sowohl diese als auch die Lebervenen sind klappenlos, also pflanzen sich die Wellen aus dem Herzen leichter dahin fort als in die Cava superior, bei der die Verhältnisse ungünstiger liegen. Dass jedoch nur ziemlich selten der Leber-Venenpuls zuerst auftritt, liegt daran, dass erst sehr grosse und energische Wellen ein so umfangreiches Organ heben können und zu solchen schon ein hoher Grad von Tricuspidalinsuffizienz erforderlich ist. Allerdings ist der Leber-Venenpuls nach *Makenzie* wiederum konstanter als der Hals-Venenpuls.

An der Cruralis ist einige Male das Phänomen gesehen worden, und *D. Gerhardt* glaubt, dass nur das ja meist vorhandene Ödem der Oberschenkel der häufigeren Beobachtung hinderlich sei.

Eine sehr seltene Beobachtung ist wohl der von *Marey* und *Koch* (37) beschriebene Puls der Saphena, für den der letztere eine schon bei dem Leber-Venenpuls verwandte Erklärung giebt; sinkt infolge bedeutender in dem Saphenagebiete vorhandener Venenektasien der Blutdruck hier beträchtlich (da die gleiche Kraft ja eine viel grössere Blutmenge befördern muss, als sonst) so überwindet die positive centrifugale Welle den Widerstand dort ebenso gut, wie in der Leber.

Den normalen Venenpuls sieht man bei den meisten Personen nicht sehr deutlich, und im allgemeinen ist nur bei Stauungszuständen die eigentliche Venenpulsation selbst sichtbar. Man erkennt ihn wohl mehr aus dem Charakter der mitgeteilten Bewegungen des die Venen bedeckenden Gewebes, und da ist das zumeist ins Auge fallende Moment der systolische Kollaps. Jedoch sieht man oft deutlich einen doppelschlägigen Puls während eines Arterienpulses. Am häufigsten sind diese Bewegungen als Undulationen etwas nach aussen von der klavikularen Insertion des Kopfnickers, in dem kleinen Dreieck zwischen seinen Portionen und auch in der Jugulargrube, allerdings

Digitized by Google

dort in etwas geringerer Intensität zu finden. An den beiden ersten Stellen rühren sie zweifellos von den Bulbus jugularis, an der letzteren wahrscheinlich von der Anonyma sinistra her (*Gerhardt* [31]).

Je dünner die Hautdecken, desto deutlicher natürlich die Bewegung. Lässt man den zu Untersuchenden sich flach oder mit etwas erniedrigtem Oberkörper und Kopf hinlegen, oder den Thorax in Exspirationsstellung halten, so dass eine stärkere Füllung des Systemes auftritt, so sieht man recht häufig die einzelnen Venen oberhalb der Bulbi deutlich pulsierend hervortreten; ein Kunstgriff, der schon so alt ist, wie die Erforschung des Venenpulses selbst.

Am Tierexperiment hat, so viel ich finden kann, *Riegel* (20) den normalen Venenpuls wohl am weitesten verfolgt und zwar ganz sicher bis zur Nierenvene. Die gleichnamigen Beobachtungen an den Pulmonalvenen seien nur kurz erwähnt (*Diemer* [50] etc.).

Kapitel V.

Von den Arterien resp. dem linken Herzen mitgeteilte Venenbewegungen.

Schon die älteren Autoren warnen vor einer Verwechslung des Venenpulses mit Bewegungen, die von den Arterien mitgeteilt und natürlich systolischer Natur sind. *Dusch* (30) und andere nennen diese Bewegungen Undulationen, die durch Fortpflanzung des Stosses der naheliegenden Carotis besonders auf die Jugularis externa bei stärkerer Füllung der Arterie oder Vene oder beider zusammen entstehen. Drängt man die Gefässe auseinander, so hört das Phänomen auf; wir haben hier also nichts weiter vor uns, als die uns in den Kurven oft begegnende kleine Carotiszacke, die infolge ihrer Ausgeprägtheit im Bilde vorherrscht. Beobachtet man in solchen Fällen eine doppelschlägige Pulsation, so kann in der That, wie *Gerhardt* uns zeigt, die eine Welle die systolisch mitgeteilte Arterienwelle, die andere die reguläre Vorhofswelle sein, die infolge besonderer Umstände, wie beim Galopprhythmus (31), früher als gewöhnlich liege. Auch die Dikrotie der Arterien kann sich (siehe *Eichhorst*) ausprägen und arteriensynchronen Doppelschlag der Vene mitteilen. Im allgemeinen wird man leicht die Verwechslungen mit Venenpulsen verhüten können. Die mitgeteilte Venenbewegung zeigt im allgemeinen das charakteristische jähe Aufsteigen des Arterienpulses und sein langsames Einsinken im Gegensatz zu dem umgekehrten Verhalten des normalen Venenpulses.

Digitized by Google

Die ausgiebige Welle des positiv zentrifugalen Venenpulses, die ja dem Arterienpuls ähnliche Eigenschaften hat, kann im allgemeinen von Verwechslungen mit diesem durch die Erwägung ausgeschlossen werden, dass die pathologischen Ursachen, die seiner Entstehung zu Grunde liegen, meist einen kleinen Arterienpuls zeitigen (*Makenzie* u. a.). Auch die vergleichende Palpation mit der Carotis wird uns dahin Aufschluss geben (nach *Riegel*), dass die Venenwelle eine längere zeitliche Dauer als der Arterienpuls zeigt, dauert ihr Ansteig doch event. von Beginn der Vorhofskontraktion bis zum Ende der Ventrikelkontraktion (das ist Schluss der Verharrungszeit), während der Arterienpuls nur der Austreibungsperiode entspricht. Ein umgekehrtes Verhalten zeigt natürlich die Diastole. In den meisten Fällen sog. mitgeteilter Venenbewegung genügt zur Entscheidung nach *Geigel* übrigens das genaue Achtgeben, ob die ganze Umgebung oder nur die Vene pulsiert. Die Kompressionsmethode gibt uns auch ein relativ einfaches Unterscheidungsmerkmal: drückt man die Vene etwa in der Mitte ihres Verlaufes zusammen, so hört die Pulsation im unteren Teile auf, im oberen dauert sie fort oder wird infolge der stärkeren Anfüllung des Gefässes sogar deutlicher.

Eine etwas andere Art der fortgeleiteten Venenpulsation beschreibt zuerst *Koch;* er sah bei zwei Fällen von Chlorose auf der linken Seite des Halses systolische Venenanschwellung und diastolische Abschwellung. Er erklärt das Zustandekommen dieses auffallenden einseitigen Symptoms folgendermassen: der Arterientonus ist bei Chlorose vermindert und das Gefäss dehnt sich deswegen bei der Herzsystole über das Mass aus und komprimiert die anliegenden Venen. — Die Vorzugsstelle dieser Kompression ist die Vena anonyma sin., die zwischen Aortenbogen und ihren abgehenden Ästen einerseits und dem Brustbein andererseits gelegen ist[1]).

Ähnliches bringt *Gerhardt* (31) in Fällen, wo die Carotis sinistra infolge seitlicher Verschiebung durch Strumenlappen oder abnorme oberflächliche Lage die Vena anonyma gegen die Clavicula oder das straffe subclavikulare Bindegewebe komprimiert. Er beschreibt diese systolische Bewegung als eine ganz langsam wie peristaltisch sich nach oben fortpflanzende Anschwellung, deren Entstehung und Formen nach dem obigen ja klar sind.

Auch an der Leber hat man sich vor Verwechslungen mit über-

[1]) Analog erklärte *Koch* auch den normalen Venenpuls im Auge durch Lageverhältnisse der Vena und Arteria centralis retinae.

Digitized by Google

tragener Pulsation zu hüten; der hypertrophische rechte Vorhof sowohl als die Bauchaorta können der Leber eine pulsähnliche Bewegung verleihen. Doch abgesehen davon, dass beide Arten mehr auf den linken Leberlappen beschränkt als diffus sind, kommt nach *Dusch* der echte Leber-Venenpuls meist etwas später als der Stoss des rechten Herzens. Dazu zeigen uns, wie *Makenzie* sagt, vergleichende Kurven der Carotis und der epigastrischen Pulsation, dass bei der letzteren natürlich im Gegensatze zu der ersteren die Erhebung diastolisch, d. h. der Füllung des Ventrikels entsprechend ist, Befunde, die vor Verwechslungen des systolischen wie des präsystolischen Leber-Venenpulses schützen. Die Aorta, so hebt der gleiche Autor hervor, ist in den Fällen von Lebervenenpulsation meist so klein, dass sie kaum vergleichend in Betracht kommt.

Es seien an dieser Stelle noch einige Venenbewegungen erwähnt, die zwar keine mitgeteilten Bewegungen in dem bisher besprochenen Sinne repräsentieren, jedoch trotzdem hierher gehören.

Schon *Dusch* zitiert einen Fall (cit. *Reisch*), wo bei Insuffizienz der Mitralis und Offensein des Foram. ovale durch Regurgitation aus dem linken Ventrikel in den rechten Vorhof und die Hohlvene positive Venenpulsation entstanden sei. Auch hat nach ihm als seltenes Vorkommnis die mit der Cava superior kommunizierende Aorta ascendens ebenfalls exquisiten Venenpuls erzeugt. *Volhard* (38) findet bei Mitralstenose und offenem Foramen ovale sogar deutlichen präsystolischen Leber-Venenpuls.

Zum Schlusse erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Professor *Brauer* für die liebenswürdige Anregung zu dieser Arbeit, sowie seine freundliche Unterstützung herzlichst zu danken.

Digitized by Google

Literaturverzeichnis.

1. Hamernjk: Archiv für physiol. Heilkunde, Stuttgart 1843.
2. Anke: Von der Blutbewegung in den Venen, dem Venenpulse etc., Moskwa 1835.
3. Bernard: Action reflexe paralysante dans les phénom. de sécrétion. Journal de physiol. et pathol. 1864.
4. Quincke: Berl. klin. Woch. 1868, Nr. 34. Beobachtungen über Kapillaren und Venenpuls.
5. Collis: Leçons de clinique médic. trad. p. Jaccoud. 1863.
6. Graves: Berl. klin. Woch. 1881.
7. Makenzie: Die Lehre vom Pulse. 1904 übersetzt von Deutsch.
8. Holz: Der aufsteigende Venenpuls. Berl. klin. Woch. 1890, Nr. 7.
9. Sahli: Lehrbuch der klin. Untersuchungsmeth., Leipzig und Wien 1902.
10. Lancisi: De motu cordis et aneurysmatibus, Romae 1728.
11. Morgagni: De selibus et caus. morbor., Napoli 1762.
12. Kreysig: Die Krankheiten des Herzens.
13. Luciani: Physiologie des Menschen, Göttingen 1904.
14. J. Müller: Handbuch der Physiol. des Menschen 1854.
15. Knoll: Über den Venenpuls, Pflügers Archiv 1898.
16. Gendrin: Vorlesung über Herzkrankheiten. Deutsch von Krupp, Leipzig 1843.
17. Scoda: Abhandlungen über Auskult. und Perkuss., Wien 1854.
18. Scoda: Zeitschrift der K. K. Gesell. der Ärzte zu Wien, I, 1853.
19. Friedreich: Krankheiten des Herzens 1867. Virchows Handbuch Bd. V
20. Riegel: Deutsches Archiv für klin. Medic. XXXI, 1882.
21. Bamberger: Krankheiten des Herzens 1857.
22. Bamberger: Beobachtungen über den Venenpuls. Würzburg. med. Zeitschr. 1863.
23. Riegel: Sammlung klin. Vorträge über die diagn. Bedeutung des Venenpulses, Leipzig 1883.
24. Knabe: De venarum in tumes centia atque pulsatione, Berlin 1858.
25. Thamm: Berl. med. Woch. 1869, Nr. 13 ff.
26. Rosenstein: v. Ziemssens Handbuch der spez. Pathologie Bd. VI.
27. Eichhorst: Lehrbuch der physikal. Untersuchungsmethoden u. s. w. 1881, 2. Teil.
28. Geigel: Würzburg. med. Zeitschr. 1863, über den Venenpuls.

Digitized by Google

29. Friedreich: Deutsch. Archiv für klin. Medizin 1865, Bd. I: Der Venenpuls.
30. Dusch: Krankheiten des Herzens 1868.
31. D. Gerhardt: Klinische Untersuchungen über Venenpulsationen, Leipzig 1894.
32. D. Gerhardt: Einige Beobachtungen an Venenpulsen. Archiv f. experim. Pathol. und Therap. Bd. XLVII.
33. Senac: Traité de la structure du coeur etc., Paris 1783.
34. Traube: Zusammenhang der Herz- und Nierenkrankheiten, Berlin 1856.
35. Seidel: Pulsation der V. cava inf. bei Insuf. der Tricus. Deutsche Klinik 1865, Nr. 9.
36. Burns: Pathologie 1813.
37. Koch: Venenpulsationen und Undulationen, Kiel 1869.
38. Volhard: Über Venenpulse. Verhandl. des Kongresses für innere Medizin 1902.
39. Wedemeyer: Untersuchungen über den Kreislauf des Blutes, Hannover 1828.
40. Weyrich: De cordis aspiratione experimenta, Dorpat 1853.
41. C. Ludwig: Lehrbuch der Physiol. des Menschen, Leipzig und Heidelberg 1865.
42. Donders: Physiologie des Menschen 1856.
43. Mosso: Diagnostik des Pulses, Leipzig 1879.
44. Gottwalt: Der normale Venenpuls. Pflügers Archiv, Bonn 1881, Bd. XXV.
46. Chauveau: Gazette méd. de Paris 1858.
47. Marey: Physiologie de la circulation du sang 1863.
48. Landois: Physiol. des Menschen, Berlin und Wien 1900.
49. Brücke: Lehrbuch der Physiologie, Wien 1875.
50. Diemer: Über die Pulsation der Vena cava inf., Bonn 1876. Inaug.-Diss.
51. Potain: Mémoire de la société méd. des hôp. 1868.
52. Franc: Gaz. hebdom. 1882.
53. Krehl: Du Bois' Archiv 1889.
54. Zungenbuhler: De motu sanguines per venas, Journal génér. de méd. 1815, Bd. XXXIII.
55. Frédériq: Dict. Encyclop. des sciences méd. 1886. 'Articles Veines.
56. Hering: Zeitschrift f. experim. Pathol. und Therap. Bd. I, 1904.
57. Goltz und Gaule: Pflügers Archiv Bd. XVII.
58. Tigerstedt: Lehrbuch der Physiologie des Kreislaufes, Leipzig 1893.
59. Volhard: Über Leberpulse und über die Kompensation der Klappenfehler. Berlin. klin. Woch. 1904, Nr. 20 ff.
60. Wenkebach: Die Arythmie als Ausdruck bestimmter Funktionsstörungen des Herzens, Leipzig 1903.
61. Gerhardt: Archiv für klin. Med. 1905.
62. Gerhardt: Über die diagnostische Bedeutung des diastolischen Venenkollapses. Zeitschr. für klin. Med. Bd. XXXIV, Nr. 3 und 4.

Digitized by Google

Über den Nanismus unserer Wellenkalkpflanzen

von

Gregor Kraus.

In meiner anemometrischen Arbeit über den Krainberg bei Gambach habe ich bereits (S. 11—13) hervorgehoben, dass die Wellenkalkplateaus eine sehr auffallende biologische Eigentümlichkeit besitzen und die Zwergvegetation derselben in den Hauptzügen geschildert.

Da nach den Arbeiten meiner Schüler Dr. *Bott*, *Lippold* und *Kanngiesser* angenommen werden darf, dass die morphologischen und anatomischen Verhältnisse unserer Zwergpflanzen von denen anderer Gebiete nicht wesentlich abweichen, bleibt für die vollständige Kenntnis dieser merkwürdigen Erscheinung nur das spezifische Verhalten in unserer Gegend eingehend zu betrachten: Die Arten, welche die Zwergvegetation liefern, ihre Verteilung im einzelnen, die Grösse der Verzwergung und insbesondere die Ursache des Nanismus bei uns.

Ich weiss keinen Ort, wo das Material für die Erledigung aller dieser Fragen geeigneter beisammen wäre, als auf der etwa 5 Kilometer langen Strecke, die auf der rechten Mainseite vom Rande des Buntsandsteins am Spessart, vom Krainberg über den Kalbenstein, das Maingestell, den Fuss des Rehnitz und Saupürzels bis hinter den Nikolausberg bei Karlstadt hinzieht; durch Mannigfaltigkeit der Bodenbildung und verschiedenartige Unterbrechungen, welche die Zwergvegetation dabei erleidet, wird diese Stelle ohne Frage zum lehrreichsten Punkt in unserm Gebiet.

Um den landschaftlichen Charakter, den solche Zwergfelder hervorbringen, kennen zu lernen, eignet sich mehr der Volkenberg

Digitized by Google

bei Erlabrunn und seine Nachbarschaft, weil da ein unübersehbares Gelände, gleichmässig mit Zwergvegetation bedeckt, vor einem liegt; hier bekommt man das Bild, wie es typisch ist, das einer öden Felsenflur, einer grauen „Steppe", ja einer abschreckenden Steinwüste: Einzelne Dornsträucher (Rosen und Weissdorn) in weiten Abständen voneinander, auf dem Boden kriechende Herden von Schlehkrüppeln, die kaum den Blick festhalten — sonst, soweit das Auge reicht, nur eine steinige graue Fläche, fleckenweise bloss von angedrückten Stauden bewachsen, die man einen Kräuterschorf oder Pflanzenkrusten heissen möchte, wenn nicht diese mageren Pflänzchen in der guten Jahreszeit auch eine wimmelnde Blumigkeit zeigen könnten.

So ist das typische Auftreten der Zwerge im Wellenkalkgebiet, in „offenen" Beständen nämlich, indem die Pflänzchen nur einen geringen Bruchteil des steinigen Bodens bekleiden, der nackte Kalkboden vorherrscht.

Daneben giebt es aber auch eine zweite Art, wie diese Vegetation im grossen in die Erscheinung tritt; diese ist aber weniger bezeichnend für den Wellenkalk, weil sie auch im Muschelkalk und sonst mehrfach verbreitet ist. In diesem Falle erscheint die Vegetation in „geschlossenen" Beständen und bildet kurzrasige Ödungen, so besonders in den geneigten Lehnen des Ilb und am Breitholz. Hier bekommt die Landschaft den Charakter einer „Grastrift".

Es ist selbstverständlich, dass diese beiden Grundtypen Übergänge haben, auch sind natürlich die genannten Orte nicht die einzigen, wo Zwergwuchs studiert werden kann, sondern nur die bevorzugten. In kleinerem Massstabe ist auf den Geröll- und Felslehnen, auch auf den Simsen und Abhängen der Schaumkalkbänke, ja in der Thalsole die Erscheinung überall zu finden.

Ungefähr die Hälfte der Pflanzen, die überhaupt den Wellenkalk bewohnen (wie die angehängte Liste zeigt, rund 110) kommen auf das freie Plateau und sind für gewöhnlich verzwergt.

Von der Art und Weise, wie diese Pflanzen zusammenleben, lässt sich ein anschauliches Bild gewinnen, wenn man ein Stück analysiert, nicht grösser als mit einem Blick umfasst werden kann. Ich habe von den beiden eingangs erwähnten Anordnungsweisen im grossen (den „offenen" und „geschlossenen" Beständen) an verschiedenen Orten Aufnahmen gemacht und zwar von einer 1 qm grossen

Digitized by Google

Fläche und darauf die Zahl der Arten, wie den Reichtum an Individuen, so weit das bei einer Zählung auf der Oberfläche möglich ist, festgestellt. Das Resultat dieser Aufnahmen ist in den Tabellen I und II zu sehen.

Als Beispiel mag eine Liste hier stehen, die unter dem Gipfel des Krainbergs auf meinem Besitze gemacht ist; eine Stelle, welche artenreich und sehr charakteristisch ist:

Stipa capillata, St. pennata, Carex humilis, Pontentilla verna und cinerea, Teucrium montanum, Brunella grandiflora, Poterium, Thesium Asperula cynanchica, Helianthemum polifolium und canum, Trinia vulgaris, Euphorbia Cyparissias, Hippocrepis, Pulsatilla, Thymus, Onobrychis, Cervaria, Centaurea Scabiosa, Rosa pimpinellifolia, Alyssum montanum, Linosyris, Cladonia endiviaefolia = 24 Arten.

Die im Anhang mitgeteilte Zählung am Maingestell zeigt sogar 29 Arten auf. An anderen Stellen sind es weniger; am Rossberg 18, am IIb 20, an der Bodenlaube bei Kissingen 22 Arten. Dass die Thüringer Zählungen auffallend ärmer ausgefallen sind (11 und 14), möchte ich zunächst mehr für Zufall als für wesentlich halten.

Jedenfalls ersieht man, dass auf kleinem Raum $^1/_5$ ja $^1/_4$ aller Plateau-Arten beisammen sein können. Ohne weiteres sieht man aber auch, dass die Zahl der Arten, ja selbst der Individuen, nicht so sehr, wie man anzunehmen geneigt sein möchte, davon abhängt, wie gut der Raum ausgenutzt ist; denn die Tabellen zeigen, dass ein nur teilweise besetzter Boden (mit „offenen Beständen") ebenso reich als ein vollbesetzter (mit „geschlossenen Beständen") sein kann.

Vielmehr wird der Reichtum eines Platzes durch die Grösse der Individuen (Stöcke) bedingt, die ihrerseits von der Wuchsart der Species abhängt. Sind die einzelnen Stöcke, wie das gewöhnlich ist, ungefähr gleich gross, so entsteht durch diese Zwerge ein überaus kleingemusterter, gleichmässiger Pflanzenteppich. — In anderen Fällen besitzt eine Anzahl der Konstituenten die Eigentümlichkeit, sich unterirdisch (durch Ausläufer) mächtig zu vermehren und sich oberirdisch zu grossen Feldern auszubreiten. Dann entstehen aus einer Art grosse gleichartige Teppichstücke, zwischen denen bald mehr, bald weniger andere Arten eingemischt sind. Wie ich schon früher geschildert habe (Anemom. S. 22 f.), ist keine unserer Pflanzen geeigneter quadratmetergrosse Stücke allein zu besiedeln, als Brachypodium pinnatum. Aber auch die beiden Potentillen (cinerea und verna), Teucrium Chamaedrys, Brunella grandiflora, Cirsium acaule, ja selbst

Digitized by Google

Allium fallax zeigen dieses Verhältnis, wie besonders schön auf dem hohen Kalbenstein zu sehen ist.

Gewöhnlich nanieren auf weite Strecken alle vorhandenen Pflanzen ohne Ausnahme, Ubiquisten und echte Xerophyten präralpiner wie pontischer Provenienz, einjährige und perenne. Doch giebt es auch Pflanzen, die eine Ausnahme machen. So habe ich z. B. die beiden Stipa-Arten, auch wo sie mitten unter Nanisten stehen, niemals verzwergt gesehen. Es bot einen merkwürdigen Anblick, wie auf dem Sodenberg unter lauter Zwergpflanzen (vergl. Tabelle III n. 12) Scharen fast völlig normaler Stöcke von Adonis vernalis blühten. Vielfach bleibt auch das weit verbreitete Eryngium campestre von der Zwergbildung verschont. Es liegt nahe, anzunehmen, dass bei diesem Phänomen die starken und tief gehenden Wurzeln dieser Pflanze eine Rolle spielen.

Von der Grösse der Reduktion, die bei unseren Pflanzen stattfindet, giebt die Tabelle III ausführlich Auskunft. Zur Übersicht stelle ich hier von 10 allgemein verbreiteten Arten Vergleiche aus den verschiedenen Örtlichkeiten, nicht bloss aus der Würzburger Gegend, sondern auch vom Kalmut, dann aus Freiburg a. d. Unstrut und vom fränkischen Jura nebeneinander:

1. Brunella grandiflora.

Normal	Rossberg	Volkenberg	Nikolausberg	Neuberg	Maingestell	Kalbenstein	Kalmut	Dollenstein	Freiburg a/U.
150—250	30	35	10	43	36	25	30	26	10

2. Scabiosa Columbaria.

Normal	Rossberg	Volkenberg	Steigbild	Neuberg	IIb	Kalbenstein	Dollenstein	Freiberg a/U.
300—600	50	32	50	32	35	58	68	20

Digitized by Google

3. Centaurea Jacea.

Normal	Rossberg	Volkenberg	Steigbild	Neuberg	Kalbenstein	Ilb	Kalmut	Dollenstein	Freiburg a U.
300—1000	40	32	25	24	41	62	28	16	25

Exemplare, die ich auf der Insel Wight, den Needles gegenüber, sammelte hatten nur 10 mm Höhe.

4. Aster Amellus.

Normal	Thalberg	Volkenberg	Steigbild	Neuberg	Kalbenstein
300	80	46	70	55	58

5. Plantago media.

Normal	Rossberg	Steigbild	Neuberg	Ilb	Kalmut	Dollenstein	Freiberg a U.	Maingestell
Bis 500	25	49	35	62	65	80	40	41

6. Pimpinella Saxifraga.

Normal	Thalberg	Nikolausberg	Steigbild	Neuberg	Ilb	Kalmut	Volkenberg	Kalbenstein
450—500	120	43	60	100	40	66	80	79

Digitized by Google

7. Dianthus Carthusianorum.

Normal	Volbenberg	Nikolausberg	Ilb	Kalmut	Dollenstein	Freiburg a U.	Krainberg	Kalbenstein
150—500	90	52	25	125	28	20	75	99

8. Hieracium Pilosella.

Normal	Volkenberg	Steigbild	Dollenstein	Freiburg a U.
80—300	25—30	40	18	28

9. Achillea Millefolium.

Normal	Rossberg	Volkenberg	Steigbild	Kalbenstein
150—500	46	46	29	40

10. Teucrium montanum.

Normal	Neuberg	Maingestell	Kalmut	Dollenstein
100—250	53	50	58	44

Man sieht, dass die Verkleinerung bis auf $^1/_5$ ja $^1/_{10}$ der Normalgrösse herabgehen kann. Aber diese Verkleinerung ist nicht nur an verschiedenen Orten, sondern auch auf ein und demselben Felde

Digitized by Google

sehr verschieden, und keine konstante Grösse. So sind z. B. die Höhen, auf dem Kalbenstein gemessen, bei

Linosyris von 25 bis zu 60 mm,
Brunella von 20—60 mm,
Pilosella von 8—40 mm,
Gentiana ciliata von 30—80 mm,
Scabiosa Columbaria 35 und 140 mm,
Hieracium umbellatum von 50 bis 120 mm,
Linum tenuifolium von 38 bis 72 mm,
Poterium vom 25 bis 60 mm.

Aus vorliegendem Material würden Mittelzahlen wenig Wert haben.

Neben den Messungen für die ganze Pflanze, habe ich auch eine Anzahl Blattmessungen mitgeteilt. Eine grössere Anzahl Messungen für Stauden hat bereits Dr. *Lippold* publiziert. (Aus der Pflanzenwelt Unterfrankens III.)

Eine vergleichende Tabelle für Blatt und Stengel, zugleich mit Normalhöhe der Pflanzen folgt hier:

Blühende Zwergflora auf dem hohen Kalbenstein.
19. September 1901. (mm)

	Stengelhöhe	Blattlänge	Normalhöhe
Plantago media	45	18	bis 500
Scabiosa Columbaria	65	20	300 600
Salvia pratensis	100	24	bis 600
Hieracium umbellatum	70	20	300–1250
Gentiana ciliata	45	12	100–300
Gentiana germanica	40	14	150–500
Achillea Millefolium	50	24	150–500
Agrimonia Eupatoria	100	23	300–1250
Thesium montanum	60	13	300–500
Galeopsis Ladanum	100	15	150–500
Dianthus prolifer	54	10	150–300
Centaurea Scabiosa	65	56	600–1250
Leontodon hispidus	60	25	150–300
Linosyris vulgaris	58	15	300
Aster Amellus	60	26	300
Allium fallax	82	65	bis 300
Calamintha Acinos	25	—	150–400
Poterium Sanguisorba	85	23	300–500

Digitized by Google

Gegenüber dieser geringen Entwickelung der oberirdischen Teile steht eine auffallend lange Lebensdauer der unterirdischen. Auch darüber sind bereits früher eingehendere Studien gemacht. Dr. *Kanngiesser*, Über Alter und Dickenwachstum von Würzburger Wellenkalkpflanzen. Aus der Pflanzenwelt Unterfrankens V.

Für die Länge der Wurzeln, die eine sehr ansehnliche ist, mögen folgende Zahlen sprechen:

Wurzellängen von Zwergpflanzen.

1. Brachypodium pinnatum. Durchmesser der Blattrosette 40 mm, Wurzellänge 70—80 mm.
2. Helianthemum canum vom Kalbenstein. 17.3.05. Durchmesser des Sträuchleins 30 mm, Länge der Wurzel 400 mm.
3. Desgl. ein 3jähriges Pflänzchen. Wurzellänge 180 mm.
4. Andere Zwerge derselben Art zeigen 430 mm und 370 mm Wurzellänge.
5. Potentilla cinerea. Oktober 1903. Wurzellänge 270 mm.
6. Teucrium montanum. Wurzel 630 mm.
7. Koeleria. 350 mm Wurzellänge.

Neben diesen anatomisch-morphologischen Eigenheiten der Zwerge ist eine sehr bemerkenswerte biologische Eigenschaft derselben hervorzuheben; ich meine den ausgesprochenen Plagiotropismus der vegetativen Organe (Blätter und Stengel) neben der ebenso ausgesprochenen Orthotropie der Blütenachsen: Blätter und blatttragende Stengel liegen auf dem Boden, nur die Träger der Blüten stehen senkrecht.

Zunächst giebt es viele Bewohner des Plateaus, die ihre Blattrosetten hier ganz exquisit dem Boden anschmiegen. Ganz anders wie sonst stehen die Wurzelblätter nicht halb erhoben, sondern liegen fest auf der Erde: Brunella, Scabiosa, Salvia, Leontodon, Pimpinella, Poterium, Achillea, Agrimonia; von Pilosella, Plantago, Taraxacum gar nicht zu reden.

Thurmann hat diese Pflanzen „rhizophylles" genannt und sagt für den Jura: „Il y a dans les sols dysgéogènes une prédominance notable des rhizophylles. Essai de phytostatique 1849 I. 313.

Bei den Halbsträuchern, wie Teucrium montanum, Helianthemum canum und polifolium, Thymus, Ononis repens liegen die vegetativen Zweige völlig horizontal in einer Ebene, so dass wahrer „Tisch-

Digitized by Google

wuchs" erzeugt wird. Natürlich stehen auch die Blätter derselben völlig in derselben Ebene.

An dieser Stelle darf auch Erwähnung finden, dass bei nicht oder unvollständig verzwergten Pflanzen auf dem Plateau durch einen exquisiten Plagiotropismus der Blütenstand tragenden Teile nicht selten eine Art Pseudonanismus der Achsen erzeugt wird. Es kommt vor, dass Exemplare von z. B. Lotus, Medicago lupulina, Asperula cynanchica, Centaurea Jacea u. a. dezimeterlange Zweige mit Blüten machen, nicht aufrecht stehen, sondern der ganzen Länge auf dem Boden liegen und nur die blühenden Köpfe emporheben, so dass die Pflanze geradezu akaul erscheint. —

Dass durch den Nanismus dem Wind gegenüber die Pflanze in günstigere Lage kommt, habe ich seiner Zeit bereits nachgewiesen; ich zeigte, wie auf dem Plateau die Oberfläche des Bodens die ruhigste Stelle ist (Anem. S. 19). Dass die dem Bodens angedrückten Blätter das Austrocknen des Bodens mässigen, lässt sich hypothetisch leicht annehmen; es ist aber faktisch noch von niemand wirklich bewiesen worden. Ich bin in der Lage, für das Plateau Beweise zu bringen.

1. An einem trockenen Maitag wurde morgens 10 Uhr auf dem Plateau Erde entnommen, einmal vom freien, besonnten Boden, andererseits vom Boden daneben, der durch Blattrosetten von Plantago media fest zugedeckt war. Der Boden wurde durch ein 2 mm Sieb geschlagen und lufttrocken gemacht.

Der freie Boden verlor 4,01 % Wasser,
der laubbedeckte 6,87 % Wasser.

Ein zweiter Versuch derselben Art ergab:
freier Boden 4,89 %, laubbedeckter 6,51 % Gewichtsverlust.

2. Ein Versuch, 31. Mai, mit freiem und mit Pilosella bedecktem Boden ergab:

Boden frei 3,64 %, unter der Pilosella 8,72 % Verlust.

3. Am 2. Juni mit Cirsium acaule und natürlichem Boden (der ohne Skelett war):

nackter Boden 2,2 %, blattbedeckter 7,1 % Verlust.

Die Zwerge des Plateaus für fest gewordene Formen, Zwergvarietäten der normalen Spezies, und womöglich samenbeständig zu halten, ist von vornherein bedenklich. Dagegen spricht schon die Ungleichheit

Digitized by Google

der Verzwergungen; es sagt aber auch die einfache Überlegung, dass in diesem Falle in der Natur gelegentlich Zwerg- und Normalform nebeneinander vorkommen müssten, — eine Erscheinung, von der ich niemals das Geringste wahrgenommen habe.

Um jeden Zweifel in dieser Richtung abzuschneiden, habe ich die Frage für unsere Zwerge experimentell geprüft und sowohl Samen dieser Formen ausgesät, als besonders Zwerge aus ihrem natürlichen Medium in Gartenboden versetzt. Die Resultate sind in folgenden Übersichten zusammengestellt:

1. Ackerzwerge von Capsella (Zell)

haben Blätter von 14—18 mm Länge, Fruchttrauben von 25—29 mm und Kapseln von 4 mm Länge und 2,5 mm grösster Breite.

Die aus deren Samen und im freien Land des bot. Gartens erwachsenen Abkömmlinge zeigen:

Länge der Blätter 110—140 mm. Länge der Traube 270 bis 300 mm. Kapsel 10 mm lang und 7 mm breit.

2. Lebende Zwergpflanzen, Herbst 1902 vom Kalbenstein gesammelt und 1903 im bot. Garten kultiviert.

(In mm.)

	Maasse der Zwerge		Maasse der kultivierten Pflanzen	
1. Koeleria				
Blattlänge (Fläche)	25		200–250	
Halmlänge	150		750	
	Länge	Breite	Länge	Breite
2. Pilosella				
Blätter	12	6	120–140	25–30
Blütenträger	30	—	180–200–230	
3. Brachypodium				
Blätter	35	4	250	9
4. Brunella grandiflora				
Blätter	20	10	100	26

Digitized by Google

3. Am 20. November 1904 auf dem Kalbenstein gesammelte Zwerge, im Sommer 1905 im botanischen Garten nach Art der Freilandpflanzen kultiviert, hatten im Herbst folgende Dimensionen erreicht:

1. Teucrium Chamaedrys.

	Höhe der Pflanzen	Länge des Intern.	Blatt	
			Länge	Breite
Zwergpflanze	50	7	14	5
daraus erwachsene Gartenpflanze	120	12—18	20	10

2. Teucrium montanum.

Zwerg	60	—	13—14	2
Gartenpflanze	140	—	16—20	5

3. Poterium.

	Länge des ganzes Blattes	Länge des Fiederchens
Zwerg	62	7
Gartenpflanze	130	15

4. Potentilla cinerea.

	Gesamtblatt	Blattstiel	Mittelfieder	
			lang	breit
Zwerg	28	15	13	6
Gartenpflanze	90	50	37	17

Digitized by Google

5. Helianthemum canum.

	Blattlänge	Blattbreite
Normalpflanze	18—19	5
Zwerg	10	3
Gartenpflanze	16	6

6. Thymus Serpyllum.

Normalpflanze	9	
Zwerg	4	
Gartenpflanze	18	

7. Achillea Millefolium.

Zwerg	25	4
Gartenpflanze	140	26

8. Plantago lanceolata.

Zwerg	38	5
Gartenpflanze	180	45

9. Ranunculus bulbosus.

	Blattlänge	Blattfläche
Zwerg	40	15×20
Gartenpflanze	155	45×48

10. Cirsium acaule.

	Blattlänge	Blattbreite
Zwerg	70	18
Gartenpflanze	195	45

11. Asperula cynanchica.

	Höhe der Pflanze	Blattlänge
Zwerg	87	15
Gartenpflanzen	280	35

Digitized by Google

Hinsichtlich der Samenzucht habe ich also bei Capsella dasselbe Resultat wie *Herm. Möller* bei Bromus mollis (Beitr. z. Kenntnis der Verzwergung in *Thiels* Landw. Jahrb. XIII. (1884) S. 172): in gutem Boden wachsen aus Zwergsamen alsbald Normalpflanzen.

Zwergpflanzen aus ihrem Boden in Gartenerde gesetzt, gehen sofort in Normalwachstum über; das beweisen 15 und darunter gerade die charakteristischsten Arten unserer Zwergflora. In letzterer Beziehung darf auch noch einmal an die Erfahrungen erinnert werden, die ich aus einem gepflügten Felde auf dem Kalbenstein gemacht habe. Wie ich schon in der anemometrischen Arbeit (S. 22) mitteilte, sind dort durch Umpflügen die Plateauzwerge sofort in Normalpflanzen übergegangen. Dem a. a. O. gesagten mögen noch folgende neue Zahlen beigefügt sein:

Allium fallax.

	Höhe des Blütenstandes	Blattlänge
1. Zwerg auf dem Wildboden	104	75
2. Exemplare am Rande des geackerten Bodens	223	140
3. Im geackerten Felde, ein paar Schritt von 2.	332	181

Potentilla cinerea.

	Blattstiel	Fiederlänge	Fiederbreite
1. Zwerge	13	10	4
2. Ein paar Schritte davon im Ackerland	45	24	13

So kann also nicht der geringste Zweifel mehr sein, dass unsere Zwerge individuelle Anpassungen sind, durch lokale äussere Verhältnisse erzeugt, fähig, sofort in die Normalform zurückzugehen, sowie die äussere Ursache schwindet, die sie erzeugt hat. —

Von alter Zeit her bis auf den heutigen Tag werden in den Floren Zwergvarietäten unterschieden. Nur als Beispiel von den Dutzenden, die hier genannt werden können, mag von unseren Pflanzen an die Var. nana Tratt. bei Plantago major; an die Var. sphaerostachya

Digitized by Google

Mert. et Koch bei Pl. lanceolata; an die Var. holsatica E. L. H. Krause bei Scabiosa Columbaria L. erinnert werden.

Alle solche Formen müssen eigentlich erst, zumal wenn als Standort „sterile" Orte angegeben werden, die Feuerprobe des Experiments bestehen, bevor sie bleibende Anerkennung verdienen. Wahrscheinlich genug, dass manche diese Probe nicht bestehen werden. „Magnitudo species non distinguit." Linné, phil. bot. ed. princ. 1751 p. 206.

Ich stehe ganz auf dem Standpunkt *A. v. Kerners*: „Man hat sehr unrecht gethan, solche Standortsmodifikationen mitunter ganz so wie Arten zu benennen und z. B. zwergige auf Alpen gefundene Exemplare von Trollius europaeus und Tofjeldia calyculata mit eigenen Namen als Trollius humilis und Tofjeldia glacialis aufzuführen." Abhängigkeit der Pflanzengestalt von Klima und Boden. Innsbruck 1869. S. 40. Anm.

Bevor wir zur Aufsuchung der äusseren Ursache der Verzwergung schreiten, möchte ich gleich a limine einen Faktor abweisen, der in neuerer Zeit unter Verhältnissen, wie die unserigen sind, mehrmals zur Erklärung beigezogen worden ist; ich meine den sog. „zoogenen" Ursprung der Verzwergung.

In seinen „Vegetationsbildern aus dem Val Blenio" (Mitth. der naturwiss. Gesellsch. in Winterthur 4. Heft. 1903 S. 56 ff.) schreibt *Robert Keller* dem Weidegang der Tiere, also dem Tierfrass, entscheidenden Einfluss nicht bloss auf die Zusammensetzung der Vegetation („Auslese"), sondern auch auf die Zwergbildung der Pflanzen zu. Das beständige Abweiden der Pflanze erzeuge Ernährungsmängel und Verkleinerung des Körpers. Begründet wird diese Anschauung durch eine allerdings höchst merkwürdige, und wenn sie einwurfsfrei richtig ist, entscheidende Tatsache: ein Stachelzaun, der quer durch das Beobachtungsfeld geht und den freien Weidegang der Tiere hemmt, bildet eine „scharfe Grenze" zwischen Normal- und Zwergpflanzen; im Bereiche der Weide stehen Zwerge, wo die Tiere keinen Zutritt haben, die Normalpflanzen (S. 91).

Auch von anderen Autoren wird das regelmässige Abweiden der Pflanzen als eine Ursache ihres Verzwergens angesehen. So in einem Falle, der uns noch näher liegt als der vorige, bei den „Weiden" der schwäbischen Alb. In seinem bekannten Buche (I, 232—236) rechnet *Gradmann* die Schafweiden der Alb unter die „Kulturformationen". Nicht der „sterile Boden" erzeugt ihre berüchtigten

Digitized by Google

Eigentümlichkeiten, zu denen auch Zwergwuchs gehört (S. 233), sie sind ein „reines Ergebnis der Auslese, die durch Schafweide bewirkt wird". Zu diesem Schlusse führen ihn allgemeine Betrachtungen der Örtlichkeit.

Und bekanntlich wird auch von anderen die Frage in Für- und Widerspruch wiederholt berührt (*Buchenau, Hansen, Warming*): im Grunde aber von Niemand der Beweis angetreten. Mir liegt es fern, in den vorgenannten Fällen ein Urteil abgeben zu wollen; wohl aber bin ich verpflichtet, zu der Frage in unserem Gebiete Stellung zu nehmen, denn auch bei uns findet in den Sommermonaten zum Theil Beweidung des Plateaus durch Schafheerden statt: Der Nanismus hat aber mit dem Abweiden der Pflanzen durch Tiere absolut Nichts zu thun.

Der *Keller*schen Beobachtung, die für die Beurteilung des Nanismus in der Buzza so unwiderleglich erscheint, stelle ich bei uns die diametral verschiedene Beobachtung gegenüber, dass eine Abgrenzung von Nanisten gegen Tierfrass nicht die allergeringste Wirkung hat. Seit drei Jahren habe ich ein Stück Plateau umzäunt und seit drei Vegetationsperioden findet ausserhalb des Zaunes der Schaftrieb statt, innerhalb absolute Schonung, aber die Zwergvegetation ist inn- und ausserhalb gänzlich gleich geblieben; man würde beim Wegnehmen des Zaunes, der quer über das Plateau läuft, keine Spur Veränderung sehen. Und dabei sind, wie wir wissen, die Zwerge im Stande, in einem Jahr im Kulturboden Normalpflanzen zu werden!

Ganz abgesehen von diesem Versuch im grossen giebt es eine ganze Anzahl unleugbarer Thatsachen auf dem Kalbenstein, die für die unbefangene Würdigung unvereinbar sind mit der präsumptiven Erklärungsweise. Zunächst: an der übergrossen Mehrzahl der Zwergpflanzen fehlt bei uns jede Spur einer frischen oder vernarbten Bissstelle; gewisse Pflanzen, z. B. die aromatischen werden von den Thieren bekanntlich überhaupt nicht berührt. Es ist umgekehrt nicht minder gewiss, dass andere Pflanzen, die sehr energisch abgeweidet werden, beispielsweise Sesleria, keine Spur Nanismus aufweisen.

Dem Verfechter des „zoogenen" Ursprungs der Zwerge sollte es schwer werden, zu erklären, warum die Pflanzen, die auf freiem Plateau verzwergen, sobald sie unter den Schutz eines Baumes oder Strauches oder in die Windstille eines Felsblockes geraten, trotzdem dieselben Weideverhältnisse herrschen, normale Grösse annehmen. In den kleinen Kiefernbeständen des Plateaus, wo die Herden weiden und lagern, habe ich Scabiosa, Hieracium, Linosyris, Festuca ovina,

Digitized by Google

Brachypodium, Phleum Boehmeri, Avena pratensis, Achillea, Campanula rotundifolia, Centaurea Jacea und Columbaria und verschiedene andere Arten immer normal gefunden. Oder wie soll man verstehen, dass in einer geschützten Senkung, über welche die Thiere immer hinwegschreiten, halb oder ganz normale Exemplare wachsen?

Bei uns werden ganz gewiss durch den Tierbiss nicht Zwerge, sondern nur Krüppel erzeugt. Und diese tragen die Spuren des

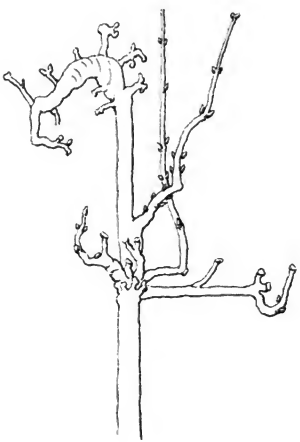


Fig. 1.

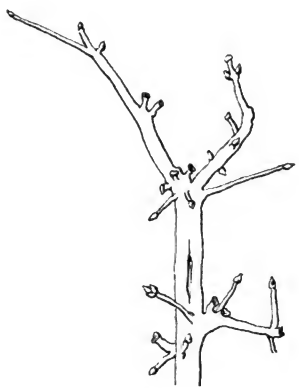


Fig. 2.

Fig. 1. „Verbissener" Zweig von Ligustrum. Vom Rossberg.
Fig. 2. Desgl. von Acer campestre.

„Verbeissens" offen an sich und sind an der Bisswunde sofort kenntlich. „Verbissene" Kräuter finden sich gerne an den Hauptwegen des Schaftriebes, und sie sind, von der Bissstelle abgesehen, so normal oder so verzwergt wie ihre unverletzte Umgebung. Den Unterschied zwischen einem Zwerg und einem Biss-(Frass)-Krüppel[1]) macht man sich am leichtesten an Holzgewächsen klar. Die nebenstehenden

[1]) Über den Unterschied von Zwergen und Krüppeln habe ich schon früher gesprochen (Anem. S. 11).

Digitized by Google

Figuren zeigen einen wirklichen Zwerg von Cornus sanguinea in $^1/_3$ natürlicher Grösse und die oberen Zweige von Sträuchern, die in der Höhe, wohin das Tier zu reichen vermag, benagt worden sind.

Unser Nanismus ist ein Erzeugnis der extremen Trockenheit des Bodens. Dies zu beweisen, eignen sich die Verhältnisse des

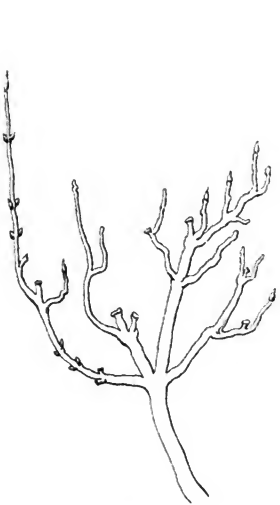


Fig. 3.

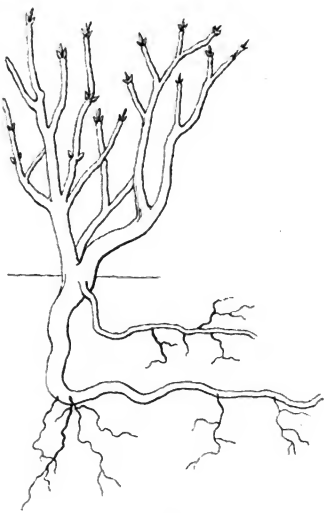


Fig. 4.

Fig. 3. „Verbissener" Zweig von Cornus sanguinea.
Fig. 4. Zwergpflanze von Cornus sanguinea, ganz, und in $^1/_3$ der natürlichen Grösse, von einer Felslehne am Maingestell.

Plateaus, weil hier wie nirgends der Zwergwuchs in grossen zusammenhängenden Strecken vorkommt, und demnach die wirkenden Ursachen auf weiten Strecken vorhanden und wahrnehmbar sein müssen, ganz anders als an Stellen beschränkten Vorkommens, wie z. B. an den Felslehnen. Auf dem Plateau des Kalbensteins und seiner Umgebung kommen aber auch Änderungen der Bodengestaltung mitten im Nanismus vor, die denselben, plötzlich und unvermittelt, oder in all-

Digitized by Google

mählichen Übergängen aufheben und Normalwuchs tragen. Das sind Orte, welche uns weitere gute Anhaltspunkte liefern, die Ursachen des Nanismus zu erkennen. —

Sandberger hat einmal in einer seiner grundlegenden Arbeiten über die Würzburger Trias[1]) die Bemerkung einfliessen lassen, dass es die Schaumkalkbänke sind, welche, wenn ein oder die andere[2]) auf der Höhe ausstreicht, die „öden Plateaux", „wie am Erlabrunner Berge, zwischen Gambach und Karlstadt u. s. w." bilden und man könnte danach die Vermutung hegen, dass mit ihnen die Zwergfelder im Zusammenhang stünden, dass sie die spezifische Bodenunterlage für Nanismus seien, zumal diese Felsbänke das denkbar sterilste Bodenmaterial abgeben müssen.

So gewiss es ist, dass die Formierung unserer Tafelberge mit den Schaumkalkbänken in ursächlichem Zusammenhang steht und sie das Grundgerüste, das Skelett für dieselben abgeben, ebenso gewiss ist, dass ihnen eine besondere spezifische Bedeutung für die Erzeugung von Zwergwuchs nicht zukommt. Es giebt überhaupt keinen einheitlichen Boden für die Verzwergung. An der Bildung des Bodens auf dem Plateau können alle Etagen des ganzen Wellenkalkes, vom Wellendolomit bis an die Schichten der Myophoria orbicularis Anteil nehmen. Dadurch also schon wird z. B. die chemische Zusammensetzung des Zwergbodens eine sehr verschiedene und mannigfaltige sein müssen. Bei der Bildung eines grossen Teiles des Plateaubodens spielt aber auch eine diluviale Schicht, der Löss (Berglöss), ganz hervorragend mit. Der Entstehung und chemischen Zusammensetzung nach sind die Böden der verschiedenen Plateauabschnitte ausserordentlich verschieden: nur in einer Eigenschaft sind sie alle gleich, in ihrer extremen Wasserarmut!

Da ich vor habe, die Bodenverhältnisse des Wellenkalkgebietes demnächst anderwärts ausführlich zu schildern, mag hier nur das für Erklärung des Nanismus Nötigste, das über die Gründe der Wasserarmut des Terrains gesagt sein.

Am Krainberg wird Untergrund und Krume von jenen mächtigen bröckeligen Schichten des eigentlichen Wellenkalkes gebildet, die unter den Schaumkalkbänken liegen. Diese geben bei der Verwitterung nur eine äusserst geringe Menge mergeligen Feinbodens, die zudem noch der immerwährenden Fortführung durch Wind und Regen unter-

[1]) Würzburger naturwiss. Zeitschrift Bd. VI, S. 142.

[2]) Sandberger kannte blos 2 Schaumkalkbänke.

Digitized by Google

liegt; die weitaus grösste Masse des Bodens besteht aus erbsen- bis nussgrossen Schottermassen, die alles Wasser ungehindert in die Tiefe sinken lassen [1]).

In der Senkung des Krainbergrückens gegen das Rosenholz sind diese durchlässigen Wellenkalkmassen gleichfalls der Untergrund, werden aber mehr und mehr von rein oder mit Kalk gemischtem Löss überzogen. Diese diluviale Krume ist aber sehr oft unterbrochen und wo sie vorhanden, von grosser Dürftigkeit, gewöhnlich nur bis oder wenig über 1 dcm stark; eine Bodenkonstruktion, die kaum fähiger ist, Wasser zu halten als der reine Wellenkalkschotter im vorigen Fall.

Auf dem hohen Kalbenstein, der nun folgt, sind die Schaumkalkbänke erhalten. Auf der obersten kann eine 10—15 cm starke reine Lössschicht unmittelbar aufliegen und einen Nährboden der denkbar geringsten Mächtigkeit bilden. Oft ist die oberste Schaumkalkbank aber erst mit Resten von Mergelschiefer, der bis $^1/_2$ m und mehr stark ist, belegt. Diese Schiefer sind äusserst locker gelagert und völlig durchlässig.

Um den Maingestellgraben treten über ganze Strecken gleich altem Mosaikboden die muschelbewachsenen Platten der Myophoria orbicularis zu Tag. Um sie kann Wellenkalkschotter, Mergel oder Löss abwechselnd die ärmliche Krume darstellen. Selten dass verwitterter Zellendolomit dazu beiträgt. Der Untergrund wird hier zumeist von den lockeren Mergelschiefern hergegeben.

Wo, wie unter dem Rehnitz, die verwitternden Mergelschiefer reichlichen Feinboden erzeugen, ist weder die Mächtigkeit noch der Untergrund günstiger gestaltet.

In analoger Weise wiederholen sich nun die Bodenverhältnisse in fortwährendem Wechsel über das Steigbild und die Gössenheimer Strasse, über die Landwehrn am Fusse des Saupürzels und die Flanken des Nikolausbergs. — Am Volkenberg, bei Retzbach und Thüngersheim, am Kalmut und an der Homburg o. W. sind die Böden nicht anders.

Aus dem Vorstehenden erhellt, wie überaus mannigfaltig die Genese und Konstruktion des Plateaubodens ist. Die totale Verschiedenheit, auch in chemischer Beziehung, will ich vorführen, indem

[1]) Am Fusse des Kalbensteins, an der Landstrasse, kommen 2 Quellen zum Vorschein, die offenbar aus dem Gebiete des Wellenkalks stammen; nicht bloss die unter dem Felssturz, sondern auch die am Fusse des „Rothenberges", was ich daraus schliesse, dass beide gleichmässig sehr kalkhaltig sind.

Digitized by Google

ich — vorbehaltlich ausführlicherer Mitteilungen — eine Anzahl Kalkbestimmungen vom Gebiete zusammenstelle.

Gehalt der Plateaukrume an Kalkkarbonat vom Krainberg bis an die Hammelburger Strasse und weiter:

Krainberg Gipfel 20,99 %,
Krainberg Hang 10,91 %,
Gegen das Rosenholz 1,6 %,
Hoher Kalbenstein 2,16 %,
Neuberg gegen den Maingestellgraben 30,91 %,
Am Maingestellgraben 1,7 %,
Unter dem Rehnitz 26,14 %,
Am Steigbild nahe der Strasse Spuren,
Um die Homburg o. Wern 3,29 %,
Neuenbergplateau bei Thüngersheim 1,14 %.

Die Zwergpflanzen verhalten sich also scheinbar gegen den Kalk so indifferent wie möglich.

Mag die Entstehungsweise und chemische Zusammensetzung des Plateaubodens noch so verschieden sein, in einem stimmen alle überein: die Krume ist so dürftig, der Untergrund so überaus durchlässig, dass diese Konstruktion eine extreme Trockenheit zur Folge hat.

Die thatsächlich vorhandene überaus grosse Dürre des Bodens wird also in erster Linie durch die Bodenkonstruktion erzeugt. Es wirken aber ausser dem edaphischen Moment zwei nicht zu unterschätzende klimatische Faktoren mit, geeignet, in hohem Grade die Trockenheit zu verstärken: Wind und freie Besonnung.

Die Thätigkeit des Windes, die hier bei uns speziell in Frage kommt, habe ich bereits in einer früheren Arbeit gestreift (Anem. S. 20 f.): dass derselbe die Feinerde von der Plateaukante wegfegt und damit einerseits die Trockenheit hier erhöht, gegen innen aber mit Erhöhung der Krume der Verzwergung entgegenwirkt. Dass seine Wirkungen allein an manchen Stellen unfähig sind, den vorhandenen Nanismus zu erhalten, wenn die Bodenbeschaffenheit günstig wird, habe ich an einem sehr merkwürdigen Beispiel vom hohen Kalbenstein bewiesen. Vergl. oben.

Seine Bedeutung für Austrocknung des Bodens und für die Thätigkeit der Pflanze überhaupt braucht natürlich hier nicht im einzelnen hervorgehoben zu werden.

Digitized by Google

Als ein gleichwichtiger Faktor für die abnorme Austrocknung des Bodens muss endlich die freie Besonnung des Plateaus angesehen werden. Einen experimentellen Beweis für die Wirkung der Besonnung u. s. w. auf den Wassergehalt des Bodens habe ich bereits oben erbracht. Indirekt wird die Bedeutung der Sonne für das Plateau auch dann erkannt, wenn dasselbe beschattet wird. Im Wald, im Schatten eines Strauches, in einer schattigen Senkung, tritt Normalwuchs auf, der neben anderem gewiss in der Abhaltung der Wachstum retartierenden Sonnenwirkung begründet ist. Gerade diese Unterbrechungen der Zwergvegetation mitten auf dem Felde, überall da, wo obige Trockenheit verstärkenden Faktoren fehlen, gehören zu den schlagenden Beweisen dafür, dass der Zwergwuchs bei uns ein Produkt abnormer Trockenheit ist. Es kann keine Örtlichkeit geben, wo der alte *Linné*sche Satz: Plantae omnes in terra sterili exsucca arida minores (Crit. bot. 1737, 156) sich klarer bewahrheitet, als auf dem fränkischen Wellenkalkplateau.

Digitized by Google

Tabelle I.

Anzahl der Arten auf einem Quadratmeter Plateauboden.

1. Vom fränkischen Wellen- (1.—4.) und Muschelkalk (5.).

1. Maingestell (offen)	2. Rossberg (geschlossen)	3. IIb (geschlossen)	4. Bodenlaube bei Kissingen (offen)	5. Randersacker (geschlossen)
Alyssum montanum			+	
Asperula cynanchica	+			+
Brachypodium pinnatum	+		+	+
Brunella grandiflora	+	+	+	+
Campanula rotundifolia		+	+	+
Carex humilis	glauca	glauca		
Erigeron acris		+		
Euphorbia Cyparissias	+	+	+	+
Festuca ovina	+	+	+	+
Helianthemum canum		+	vulgare	
„ polifolium				
Hieracium Pilosella	+	+	+	+
Hippocrepis	+	+	+	
Inula hirta				
Koeleria cristata	+	+	+	+
Leontodon hispidus	+	+	+	+
Lotus corniculatus	+		+	+
Pimpinella Saxifraga	+	+	+	+
Plantago media	+	+	+	+
„ lanicolata		+	+	
Potentilla verna		+	+	
„ cinerea			+	
Poterium	+			
Ranunculus bulbosus				
Salvia		+		
Scabiosa Columbaria		+		+
Teucrium Chamaedrys		T. montanum	+	
Thymus Serpyllum	+	+	+	+
Cladonia endiviaefolia	+	+		

Am Rossberg noch: Anemone Pulsatilla und silvestris

An der Bodenlaube: Achillea, Carlina acaulis, Fragaria collina.

Bei Randersacker: Dianthus Carthusianorum, Linum tenuifolium, Cirsium acaule, Centaurea Jacea, Onobrychis, Ononis repens, Carlina vulgaris, Campanula glomerata und Galium verum.

Digitized by Google

2. Vom Thüringischen Wellenkalk.

1. Wilhelmsburg bei Kösen	2. Freiburg a U. (Hahnenberg)	3. Jena
Centaurea Jacea	+	+
Campanula rot.	+	
Cirsium acaule	+	+
Daucus Carota		
Hieracium Pilos.	+	+
Thymus Serpyllum	+	+
Lotus corniculatus		+
Euphorbia Cyparissias	+	+
Carex humilis	+	+
Linum catharticum		
Brunella grandiflora	+	+
Plantago media		
Potentilla verna		
Cladonia erdiviaefolia	+	+
	Salvia	+
	Asperula cynanch.	+
		Scabiosa Columbaria
		Helianthemum vulg.
		Pimpinella Saxifraga

Tabelle II.

Anzahl der Stöcke auf einem Quadratmeter Boden.

1. Unter dem Rehnitz, am Hammersteig. Boden zum 3. Teil nackt, also offener Bestand. — Zumeist von Potentillen gebildet.

Potentilla verna	13	(jeder Stock etwa handtellergross)
Thymus Serpyllum	5	
Helianthemum polifol.	5	
Asperula cynanchica	3	
Festuca ovina	10	
Pimpinella Saxifraga	3	
Brunella grandiflora	3	
Euphorbia Cyparissias	2	
Sedum hexangulare	1	

9 Arten mit 45 Individuen.

Digitized by Google

2. Auf dem Neuberg. Boden $^3/_4$ nackt. Es findet sich:

Pimpinella Saxifraga	8
Teucrium montanum	2
Brunella grandiflora	3
Helianthemum canum	10
Festuca ovina	10
Koeleria cristata	5
Asperula cynanchica	3
Salvia pratensis	2
Pilosella	5
Campanula rotundifolia	1
Thymus	2
Teucrium Chamaedrys	1
Pulsatilla	2
Potentilla verna	6

14 Arten mit 60 Individuen

3. Auf dem Neuberg, Boden fast geschlossen mit Teucrium Chamaedrys bedeckt, dazwischen nur

Thymus	1
Teucrium montanum	2
Leontodon hispidus	1

also 4 Arten

4. Am Steigbild, offener Boden, bedeckt mit

Thymus	8
Erigeron	2
Salvia	1
Festuca ovina	12
Pimpinella	2
Leontodon	1
Asperula cyn.	1
Campanula rot.	1
Eryngium	1

demnach 9 Arten und 28 Individuen.

5. Fast geschlossener Bestand am Neuberg, Hauptmasse durch Sedum hexangulare gebildet, dazwischen

Echium	2
Teucrium Chamaedrys	zahlreich
Thymus	2
Festuca ovina	1
Pilosella	5

Demnach 6 Arten.

Digitized by Google

6. Hoher Kalbenstein, fast ausschliesslich grosse geschlossene Flächen von Potentilla cinerea und verna, dazwischen aber Plantago media, Festuca ovina, Koeleria, Teucrium Chamaedrys, Helianthemum canum und polifolium, Centaurea Jacea, Brunella grandiflora, Achillea, Lotus corniculatus, Carex humilis, Euphorbia Cyparissias, Carlina vulgaris, Linosyris, Pulsatilla, Fragaria collina = 18 Arten.

7. Quadratmeter Zwergpflanzen auf dem Steigbild, offener Bestand, etwa zur Hälfte nackter Boden, wesentlich Festuca ovina:

Festuca ovina	25	dazu
Pilosella	3	handgrosse Individuenrosetten
Euphorbia Gerardiana	5	
Helianthemum polifolium	6	
Leontodon hispidus	3	
Potentilla verna	12	
Plantago media	11	
Koeleria	4	
Poterium	1	
Teucrium Chamaedrys	2	

10 Arten in 72 Exemplaren

In nächster Nähe stehen noch: Pimpinella, Campanula rotundifolia, Thymus, Carlina vulgaris, Potentilla cinerea, Cirsium acaule, Teucrium montanum.

Tabelle III.

Grösse der Zwerge an 12 verschiedenen Standorten.

Die angegebenen Grössen in mm sind nicht berechnete Mittelzahlen aus mehreren Messungen, sondern von als typisch ausgewählten Exemplaren genommene Einzelmessungen.

1. Kalbenstein.

8. Juni 1901.		5. Juli 1901.	
Sedum mite	16	Galium verum	90
Salvia pratensis	125	Echium	90
Aquilegia	160	Brunella	25
Thesium	90	Asperula cyn.	68
Pilosella	22		
Trinia	40		

2. Hoher Kalbenstein. 12. August 1905.

Allium fallax	91	Brunella grandiflora	23
Brachypodium	310	Lotus corniculatus	42
Scabiosa Columbaria	107	Hieracium umbellatum	55
Centaurea Scabiosa	59	Leontodon hispidus	49
Centaurea Jacea	41	Pimpinella Saxifraga	79
Dianthus Carthusianorum	99		

Digitized by Google

3. Ackerzwerge vom Kalbenstein. Blühend:

Anagallis coerulea	31	Linaria vulgaris	100
Sinapis arvensis	45	Centaurea Cyanus	90
Erysimum orientale	50[1]	Nigella arvensis	80
Caucalis daucoides	38	Euphorbia exigua	60
Aethusa Cynapium	40	Adonis aestivalis	120
Ajuga Chaemaepitys	50	Turgenia latifolia	62
Bupleurum rotundif.	100[2]	Orlaya grandiflora	80
Linaria minor	60		

4. Krainberg. 12. August 1905.

Dianthus Carthusianorum	75	Phleum Boehmeri	175
Allium fallax	106	Centaurea Jacea	45

5. Am Ilb.

27. Juli 1901.		25. Oktober 1902.	
Asperula cynanchica	100	Ononis repens	120
Helichrysum arenarium	80	Helichrysum arenarium	85
Centaurea Scabiosa	65	Asperula cynanchica	80
Plantago media	52	Dianthus Carthus.	25
Campanula rotundifolia	75	Pimpinella Saxifraga	40
		Scabiosa Columbaria	35
		Artemisia campestris	80

6. Maingestell. 18. Mai und 16. Juli 1902.

Ranunculus bulbosus	20	Asperula cynanchica	95
Fragaria collonia	18	Teucrium montanum	50
Plantago media	40	Thymus	80
Brunella grandiflora	36		

7. Zwerge auf dem Neuberg-Plateau.

Am 23. August 1902.		3. Oktober 1902.	
Campanula rotund.	80	Centaurea Scabiosa	21
Cervaria rigida	75	Scabiosa Columbaria	32
Hieracium Pilosella	40	Campanula glom.	48
Lotus cornicul.	60	Plantago major	55
Brunella grandiflora	43	Plantago lanceolata	38
Teucrium montanum	53	Gentiana ciliata	20
Thymus	25	Aster Amellus	55
Pimpinella	100	Erigeron acris	58
Cichorium	30		
Carlina vulgaris	70		
Asperula cynanchica	90		

[1]) Blattlänge 24, Blattbreite 12.
[2]) „ 16, „ 7.

Digitized by Google

8. Am Steigbild (am Rehnitz). 10. und 26. September 1902.

Centaurea Jacea	67	Artemisia campestris	78
Scabiosa Columbaria	50	Leontodon hispidus	65
Pimpinella Saxifraga	43	Campanula glomerata	48
Achillea Millefolium	29	Vincetoxicum off.	60
Plantago media	49	Aster Amellus	84

9. Plateau am Nikolausberg bei Karlstadt. 1. November 1902.

Thymus Serpyllum	40	Centaurea Jacea	25
Pimpinella Saxifraga	60	Brunella grandifl.	10
Dianthus Carthus.	52	Galium verum	45

10. Hauenberg bei Retzbach.

Lotus	26	Scabiosa Columbaria	55
Dianthus	40	Centaurea Jacea	32
Cervaria	48 (Blattlänge)	Pimpinella	110

11. Rossberg (Schenkenturm). 8. August 1901.

Asperula cynanchica	90	Galium verum	75
Brunella grandiflora	35	Lotus corniculatus	48
Centaurea Jacea	45	Plantago media	25
Scabiosa Columbaria	50	Achillea Millefolium	46
Thymus Serpyllum	30		

12. Adonis-Standort am Sodenberg. 26. April 1902.

	Höhe der Pflanze	Länge d. Blattfl.
Cerastium glutinosum	40	5
Salvia pratensis	—	22
Cirsium acaule	—	35
Carlina vulgaris	—	28
Primula officinalis	48	15
Potentilla verna	35	12
		ganzes Blatt
Fragaria collina	—	20
Artemisia campestris	—	27
Hieracium Pilosella	—	17
Euphorbia Cyparissias	40	13
Carex humilis	—	28
Adonis vernalis	132—164—180	—

Adonis normal nach *Garcke* 150—250!

Digitized by Google

13. Blühende Zwergflora vom Kalmut. 14. und 28. August 1902.

Scabiosa Columbaria	82	Galium verum	81
Teucrium Chamaedrys	30	Pimpinella Saxifraga	66
Teucrium montanum	58	Asperula cynanchica	115
Linum tenuifolium	49	Plantago media	65
Dianthus Carthusianum	125	Daucus Carota	115
Lotus corniculatus	53	Brunella grandiflora	30
Centaurea Jacea	27	Taraxacum	46
Helianthemum vulgare	70	Euphorbia Cyparissias	35
Campanula glomerata	95		

14. Bodenlaube bei Kissingen. September 1905.

Centaurea Jacea	48	Dianthus Carthusianorum	64
Galium verum	85	Lotus corniculatus	45
Pimpinella Saxifraga	90		

15. Dollenstein im fränkischen Jura.

Brunella grandiflora	26	Artemisia campestris	91
Teucrium montanum	44	Dianthus Carthusianorum	51
Scabiosa Columbaria	68	Plantago media	80
Campanula glomerata	16	Echium vulgare	89
Pimpinella Saxifraga	160	Erigeron acre	41
Hieracium Pilosella	18		

Blattgrössen von Zwerg- und Krüppelsträuchern, mit normalen verglichen.

	Normalblatt		Krüppelblatt	
	Länge	Breite	Länge	Breite
Viburnum Lantana vom Kalbenstein	100	72	55	34
Cornus sanguinea, Steilweg am Maingestell	82	47	30	14
Pyrus communis, Hammersteige 2. X. 1902	40	29	34	19
Rosa pimpinellifolia, Hammersteig Gesamtblatt	75	—	40	—
Rosa pimpinellifolia, Hammersteig Fieder	19	12	9	7
Schlehe am Maingestell	33	17	20	5

Digitized by Google

Anhang.

Verzeichnis der gewöhnlichen Plateaupflanzen.

1. Die Anzahl derselben (110) hätte ebensogut etwas vermehrt, als vermindert werden können, je nachdem man den Begriff des Plateaus enger oder weiter fasst, ein Vorkommnis für zufällig oder wesentlich hält u. s. w.
2. Die nur im Schutz (Gebüsch, Senkung u. s. w.) vorkommenden Pflanzen sind eingerückt;
3. Ausschliessliche (nicht auf dem freien Plateau) vorkommende Waldpflanzen, wie die Orchideen, Dictamnus, Cytisus nigricans, Anthericum ramosum usw. nicht aufgenommen;
4. Von den selteneren Pflanzen (*) sind am Ende des Verzeichnisses sichere Standorte angeführt.
5. Unter den angeführten 110 Pflanzen sind 18, die gewöhnlich für annuell gelten. Das Prozentverhältnis der Annuellen zu den Perennen würde demnach bei uns 17 : 83 sein und würde sich noch zu Ungunsten der Annuellen ändern, wenn die Holzgewächse des Plateaus eingerechnet wären. Immerhin zeigt dieses Verhältnis, dass unsere Plateaux in der ökologischen Einrichtung mehr Ähnlichkeit mit der alpinen als der Steppenflora haben. „Während sich die einjährigen zu den ausdauernden Pflanzenarten im mediterranen Florengebiet wie 42 : 58 und in den Steppen an der unteren Donau im Bereiche der australen Flora sogar wie 56 : 44 verhalten, stellt sich in der Alpinen Flora das Verhältnis der annuellen zu den perennierenden wie 4 : 96.“ *A. von Kerner*, Abhängigkeit der Pflanzengestalt von Klima und Boden S. 34.
6. Ein bedeutender Teil (mehr als $^1/_4$) der Plateaupflanzen, und gerade mit die charakteristischen, sind immergrün in dem bekannten Sinn, dass sie überwinternde Blätter haben, die freilich in den meisten Fällen durch Behaarung oder Wachsüberzug mehr grau- als dunkelgrün erscheinen.
   1. Im vollsten Sinne gilt das von den Sprossen von Teucrium montanum und Chamaedrys, den 3 Helianthemum-Arten, ganz besonders canum und polifolium, ferner von Thymus, dann den Erneuerungssprossen von Linum tenuifolium und Euphorbia Gerardiana (während E. Cyparissias unterirdisch ausdauert).

Digitized by Google

2. Eine noch grössere Zahl von Pflanzen hat überwinternde grosse Blattrosetten: Hippocrepis, Brunella, Fragaria collina, Pimpinella Saxifraga, Cirsium acaule, Carlina acaulis und vulgaris, Potentilla cinerea und verna, Poterium, Salvia, Scabiosa Columbaria, Pilosella, nicht zu gedenken der 3 Plantago-Arten, Echium, Achillea, Dianthus, Centaureen.

Die älteren Blätter dieser Rosetten sterben im Laufe des Winters allmählich ab, bei welcher Gelegenheit die gerbstoffhaltigen sich auffallend schwärzen, ja auf eisenschüssigem Boden blauschwarze Abdrücke hinterlassen: Poterium, Brunella, Achillea, Salvia, Potentilla, Teucrium montanum. Die bleibenden zeigen vielfach eine starke Winterrötung.

3. Cyparissias, Linosyris, Amellus, Agrimonia u. a. gehen vollständig ein und haben unterirdische Erneuerungsknospen.
4. Die Haarbedeckung dieser Pflanzen habe ich durch Dr. *Süssenguth* untersuchen lassen: „Über die Behaarungsverhältnisse der Würzburger Muschelkalkpflanzen" 1904. Dissertation.

7. Von Kryptogamen spielen vor allem die Flechten eine gewisse Rolle, indem sie sogar landschaftlich wirksam auftreten.

Allen voran steht Cladonia endiviaefolia. Der krause unterseits kreideweise Thallus bedeckt den grauen Steinboden des Plateaus zwischen den Zwergen oft vollständig und im Spätherbst, nach ausgiebigem Regen, sieht dann der Boden weithin wie mit Gips bestreut aus. Krainberg, Maingestell, Neuberg, Rossberg.

Neben ihr zeigen sich Psoroma- und Psora-Arten auf Mergelboden durch üppiges Wachstum und ungeheuer reichliche Schüsselbildung aus. Weithin leuchtend, mehr als handgrosse Flächen bedeckend die schwefelgelbe Psora fulgens (Steigbild), kaum seltener die rötliche Psora decipiens und das wachsgelbliche Psoroma lentigerum.

Frei herumliegende Steine von Handgrösse u. s. w. werden sehr gewöhnlich durch Verrucaria nigrescens und Diplotomma albo-atrum wie mit grossen Kalk- und Tintenflecken gezeichnet.

Cornicularia, Cetraria islandica, Peltigera wachsen nur unscheinbar zwischen Dichtbeständen.

Cladonia rangiferina bildet seine schönen Polster nur im Walde oder im Schutze einzelner Sträucher.

Den Evernienbesatz, besonders der Schlehen, habe ich schon früher besprochen. Abgestorbene Schlehen werden oft dicht mit Physcia parietina bedeckt.

1. Clematis recta
2. Thalictrum minus
3. Anemone Pulsatilla
4. Anemone silvestris
5. Adonis vernalis *
6. Ranunculus bulbosus
7. Helleborus foetidus *
8. Aquilegia vulgaris
9. Alyssum montanum
10. Erophila verna ☉
11. Thlaspi perfoliatum ☉
12. Thlaspi montanum *
13. Helianthemum vulgare
14. Helianthemum canum *
15. Helianthemum polifolium *
16. Dianthus prolifer ☉
17. Dianthus Carthusianorum
18. Silene nutans
19. Arenaria serpyllifolia ☉
20. Holosteum umbellatum ☉

Digitized by Google

21. Cerastium glutinosum ⊙
22. Linum tenuifolium
23. Linum catharticum ⊙
24. Geranium sanguineum
25. Geranium columbinum ⊙
26. Erodium cicutarium
27. Ononis repens
28. Anthyllis Vulneraria
29. Medicago falcata
30. Medicago lupulina ⊙
31. Medigaco minima ⊙
32. Trifolium procumbens ⊙
33. Melilotus officinalis
34. Lotus corniculatus
35. Coronilla varia
36. Hippocrepis comosa
37. Onobrychis sativa
38. Fragaria collina
39. Potentilla verna
40. Potentilla cinerea
41. Agrimonia Eupatoria
42. Poterium sanguisorba
43. Sedum acre
44. Sedum hexangulare
45. Saxifraga tridactylites ⊙
46. Eryngium campestre
47. Trinia vulgaris
48. Pimpinella Saxifraga
49. Peucedanum Cervaria
50. Bupleurum falcatum
51. Asperula cynanchica
52. Asperula galioides
53. Galium verum
54. Scabiosa Columbaria
55. Aster Amellus
56. Linosyris vulgaris
57. Erigeron acris
58. Inula hirta
59. Inula Conyza
60. Gnaphalium dioicum
61. Gnaphalium arenarium
62. Artemisia campestris
63. Achillea Millefolium
64. Cirsium acaule
65. Carlina vulgaris
66. Carlina acaulis *
67. Centaurea Jacea
68. Centaurea Scabiosa
69. Cichorium Intybus
70. Leontodon hispidus
71. Hieracium pilosella
72. Hieracium umbellatum
73. Campanula rotundifolia
74. Campanula glomerata
75. Cynanchum Vincetoxicum
76. Gentiana ciliata ⊙
77. Echium vulgare
78. Verbascum Lychnitis
79. Orobanche rubens
80. Euphrasia lutea * ⊙
81. Salvia pratensis
82. Origanum vulgare
83. Thymus Serpyllum
84. Calamintha Acinos ⊙
85. Galeopsis Ladanum ⊙
86. Brunella grandiflora
87. Teucrium montanum
88. Teucrium Chamaedrys
89. Teucrium Botrys ⊙
90. Plantago major
91. Plantago media
92. Plantago lanceolata
93. Polyonemon arvense ⊙
94. Passerina annua ⊙
95. Thesium
96. Euphorbia Cyparissias
97. Euphorbia Gerardiana *
98. Anthericum Liliago
99. Allium fallax
100. Carex humilis
101. Stipa capillata *
102. Stipa pennata *
103. Koeleria cristata
104. Avena pratensis
105. Festuca ovina
106. Festuca glauca
107. Brachypodium pinnatum
108. Melica ciliata (nebrodensis)
109. Bromus erectus
110. Bromus inermis.

Digitized by Google

5. Adonis vernalis, z. B. Neuenberg bei Thüngersheim, Sodenberg.
7. Helleborus foetidus, z. B. Plateau des Kalmut.
12. Thlaspi montanum: Krainberg bei Gambach, Maingestellgraben und Neuberg, Neuenberg bei Thüngersheim, Volkenberg. Merkwürdigerweise in allen diesen Fällen nicht weit von den oberen Buntsandsteingrenzen.
14. Helianthemum canum vom Eichelberg, Böhlberg, IIb, Krainberg über den Kalbenstein bis an den Nikolausberg bei Karlstadt.
15. Helianthemum polifolium vom Eichelberg bis nach Zell, auch linkssmainisch und an der Homburg bei Gössenheim.
66. Carlina acaulis: Krainberg Böhlberg, IIb, Saupürzel, Volkenberg, Homburg ob der Wern.
80. Euphrasia lutea (Orthanta lueta Kern.) z. B. über dem Burgweg bei Karlstadt, bei Laudenbach, am Rossthalberg, Kalbenstein.
97. Euphorbia Gerardiana unter dem Rehnitz und Saupürzel.
101. Stipa capillata vom Krainberg bis zum Saupürzel, am Ravensberg. Am IIb.
102. Stipa pennata z. B. neben bekannten anderen Standorten mit capillata zusammen am Krainberg, über den ganzen Kalbenstein bis zum Maingestell zerstreut, Karlsburg.

Digitized by Google

Auf dem Kalbenstein.

Unter dem Rehnitz.

Über den Nanismus unserer Wellenkalkpflanzen

von

Gregor Kraus.

Digitized by Google

Die Flora des Rhöngebirges V.[1]

Von

M. Goldschmidt-Geisa.

Nachträge zu I—IV.

A. Zum Litteratur- und Quellenverzeichnis.

1. Als Nr. 20 ist anzuführen: *Kohl,* Exkursionsflora für Mitteldeutschland mit besonderer Angabe der Standorte in Hessen-Nassau etc. (Ein handliches Werkchen, das auch die Leber- und Laubmoose enthält.)
2. *E. Koch:* Beiträge zur Kenntnis der deutschen Pflanzenwelt (Nr. 14) fortgesetzt in Heft XIX. der Mitteilungen des Thür. bot. Vereins.
3. Briefliche Mitteilungen über einschlägige Beobachtungen erhielt ich von Herrn Prof. Dr. *Harz* in Bamberg und wiederum von den Herren Bezirkstierarzt *Vill* in Gerolzhofen, Schulrat Dr. *Bliedner* in Eisenach und *W. Denner* in Fulda. Diesen Herren auch von hier aus meinen Dank!
4. Mein am Schlusse der III. Arbeit geäusserter Wunsch nach einer Bibliographie des Rhöngebirges war zum Teil schon erfüllt durch das „Repertorium der landeskundlichen Litteratur für den preussischen Regierungsbezirk Kassel" (Bibliotheca Hassiaca) bearbeitet von Dr. Karl Ackermann. Kassel 1884 und 9 Nach-

[1]) Vergl. I. in Allgem. bot. Zeitschrift 1900, Nr. 12 u. ff. II.—IV. in Verhandlungen der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg. N. F. Bd. XXXIV, XXXV und XXXVII. (Stubers Verlag.)

Digitized by Google

träge, von welchen der letzte 1899 erschienen ist. Das Werk mit seinen Nachträgen gruppiert die bezügliche Litteratur in A. Natur, B. Bewohner und C. Eigentliche Landes- und Ortskunde. Es wird darin der Rhön ein breiter Raum gewidmet, und die Erscheinungen über dieselbe sind keineswegs durch Rücksicht auf die politischen Grenzen behandelt worden; es hat das Repertorium auch ein weitgehendes, wertvolles Interesse für den ausserhessischen, besonders bayerischen Anteil des Rhöngebirges. Leider ist die Sammlung vergriffen und nur durch die liebenswürdigen Bemühungen des Herrn Dr. *Schäfer,* Vorstandsmitgliedes des Vereins für Naturkunde zu Kassel, gelangte ich in den Besitz eines vollständigen Exemplares. Den etwaigen Interessenten steht dieses reichhaltige Nachschlagewerk leihweise zur Verfügung.

B. Zu den Pteridophyten in I.

Nr. 34. *Lycopodium Selago L.* vom Geröll am Nordhang der Milseburg (Geheeb in Festschr. d. Rhönklubs 1901) gehört zur var. patens Desv.

C. Zu den Pflanzen in II.

Nr. 17a. *Cupressus Nookatensis Lamb.* und

Nr. 18a. *Thyia Orientalis L.* finden sich fruktifizierend in schönen Exemplaren auf dem Friedhofe zu Geisa (ca. 300 m).

Nr. 27. *Potamogeton alpinus L.* Die in IV. nachgetragene Angabe muss genauer lauten: Oberhalb Willmars in dem von Weimarschmieden herabkommenden Reinhardsbach und dann in der Schlürpf bei Willmars (Koch briefl.).

D. Zu den Gramineen in III.

Nr. 12. *Nardus stricta L.* Die l. conf. erwähnten Düngungsversuche auf den Huten der hohen Rhön sind inzwischen soweit gediehen, dass ein sicheres Urteil über sie nunmehr möglich ist. Die Ergebnisse der auf preussischem Rhönanteil gemachten Versuche sind niedergelegt in den „Rechenschaftsberichten über die Thätigkeit der von der Landwirtschaftskammer für den Regierungsbezirk Kassel ernannten Kommission zur Ausführung von Düngungs- und Anbauversuchen" 1899/1900, 1901, 1902, 1903. Über dieses nicht nur interessante sondern auch volkswirtschaftlich hochbedeutsame Kapitel kann ich mich an dieser Stelle nicht

Digitized by Google

eingehend auslassen und verweise auf die vorgenannten Berichte. Über die Ergebnisse sei in Kürze folgendes bemerkt: Auf dem höchsten Rücken der Wasserkuppe als der für die hohe Rhön typischsten Stelle sind, wie anderwärts, 4 Versuchsreihen unterschieden worden: 1. ungedüngt, 2. gedüngt, 3. gedüngt und einfach gekalkt, 4. gedüngt und zweifach gekalkt. Der Heuertrag der Gruppe 4 steigt, je nach den Witterungsverhältnissen auf das 20—40fache der Gruppe 1. Die Düngung geschah mit Thomasschlacke und Kainit; bei blosser Düngung kam man nicht auf die Kosten; bei einfachem Kalkzusatz (10 Zentner pro Acker) glich das Ergebnis die Unkosten annähernd aus; bei doppelter Kalkung fanden sich — selbst auf diesem, die ungünstigsten Bedingungen der Lage und Bodenverhältnisse in der hohen Rhön in extremster Weise vertretenden Versuchsfelde — die Kosten reichlich ersetzt, obzwar man den Zentner Heu nur mit 1,50 Mk. bewertete, was bei der vorzüglichen Qualität desselben ein überaus niedrig bemessener Preis ist. „Das Heu der ungedüngten Fläche ist eigentlich gar kein Heu oder wenigstens mit normalem Wiesenheu gar nicht zu vergleichen; denn es besteht in der Hauptsache aus hartstengligem Borstengras, trockenen Flechten, aus Moosen und kümmerlich entwickelten Kräutern, welch letztere allein dem Heu einigen Nährwert verleihen dürften. Das Heu der gedüngten Flächen dagegen besteht aus besseren Gräsern, Wicken- und Kleearten und kräftiger entwickelten Kräutern; es ist also in Wirklichkeit ein gutes, nährkräftiges Wiesenheu." Eine besonders wertvolle Wirkung des reichen Kalkzusatzes, ausser seiner positiven, fördernden, ist in der Zerstörung des kalkfeindlichen Moos- und Flechtenpolsters zu suchen. Dabei ist, wie schon oben angedeutet, zu berücksichtigen, dass die hier ins Auge gefasste Versuchsstelle die rauheste, ungeschützteste und höchstgelegene Partie des in Frage kommenden Gebietes darstellt; je günstiger Lage und Bewässerungsverhältnisse, desto höher dürften die zu erwartenden Erfolge sein. Die natürliche Ertragsfähigkeit (ungedüngt!) dieses Komplexes schwankt je nach den Witterungsverhältnissen zwischen 40 und 216 kg pro ha, im Mittel gegen 100 kg, d. i. $^1/_2$ Ztr. pro Acker. Der Durchschnittsertrag von 5 Versuchsjahren war daselbst pro Acker auf der 3. Gruppe 6,6 Ztr., auf der 4. Gruppe 8 Ztr. Welch ein Segen, wenn die Nutzanwendungen aus diesen Versuchen eine praktische Verwertung für die unendlich grossen Huttflächen der

Digitized by Google

hohen Rhön finden könnten und würden! Der Weg ist gezeigt! Die Geldfrage wäre wohl bei allseitigem guten Willen nicht unlösbar.

Nr. 41. *Arundo Phragmites L.* auf einem Weizenacker gegen Öchsen in der Vorder-Rhön in der var. subuniflora DC. ohne oberirdisch kriechende Ausläufer (vergl. A. u. G. Syn. II. 1. S. 330).

Nr. 69. *Festuca silvatica Vill.* über Hausen gegen den Eisgraben (Bliedner br.).

E. Zu den Pflanzen in IV.

Nr. 50. *Cyperus fuscus L.* in Sandausstichen auf Wiesen an der Werra bei Defertshausen (Koch).

Nr. 76. *Juncus squarrosus L.* In grosser Menge, aber seither übersehen, auf Wiesen in der Nähe des schwarzen Moores gegen Frankenheim.

Nr. 79. *Juncus filiformis L.* wurde von (Bliedner) 1901 noch im roten Moore angetroffen.

Nr. 80. *Juncus effusus L.* tritt auf den Hochwiesen von ca. 700 m an aufwärts fast ausschliesslich in der var. compactus Lej. u. Curt. auf.

Nr. 81. *Juncus conglomeratus L.* Die var. umbrosus A. u. G., in deren Synopsis für schattige, quellige Waldstellen angegeben, findet sich auch auf trockenen Blössen im hohen, dichten Waldgrase (mit Aira und Agrostis).

Fortsetzung.

Platanaceae[1]).

1. *Platanus acerifolia Willd.* In Anlagen hier und da. Besonders prächtig nimmt sich eine Platanenallee in Hammelburg aus; daselbst finden sich Blattformen, welche Jaennicke schon zu Pl. Occidentalis zieht, während Camillo Schneider sie noch zu Pl. acerifolia rechnet, welch letzterer diese Art als hibriden Abkömmling von Pl. Occidentalis und Orientalis bezeichnet, während andere Autoren sie als Abart der einen von beiden angesehen wissen wollen. (Vergl. C. K. Schneider: Illustr. Handbuch der Laubholzkunde S. 435 u. f.)

[1]) Durch die Anlage dieser Veröffentlichungen an das Erscheinen der Synopsis von *Ascherson* und *Graebner* gebunden, sehe ich mich veranlasst, die Platanaceen und Rosaceen (Spiraeoideae und Rosoideae), deren Bearbeitung in der Synopsis ausser der Reihe gebracht worden ist, vorweg zu nehmen.

Digitized by Google

Rosaceae: Spiraeoideae und Rosoideae.

Vorbemerkung: Über die im Gebiete vertretenen Formen, ja sogar über die Arten der polymorphen Gattungen dieser Familie lassen mich die einschlägigen Quellen nahezu gänzlich im Stiche; ich bin daher zum weitaus grösseren Teile auf meine eigenen Beobachtungen allein angewiesen. Um sicher zu gehen, habe ich alle mir trotz der Vergleichung mit meinem reichhaltigen Herbar nicht ganz klar gewordenen Funde Spezialforschern zur Begutachtung vorgelegt, so die Rosenformen Herrn Oberlandesgerichtsrat Dr. H. Christ und Herrn Wirtgen, die Brombeeren Herrn Kretzer und zum Teile auch Herrn Dr. Focke, die Potentillen Herrn Dr. Poeverlein und Herrn Dr. Th. Wolf. Allen diesenHerren meinen nochmaligen Dank.

2. *Physocarpus opulifolius Maxim.* = *Spiraea op. L.* findet sich verwildert an den stagnierenden Abflusstümpeln der Rossdorfer Kutte.
3. *Spiraea hypericifolia L.* in der Abart obovata Waldst. u. Kit. im Gartenzaun der Oberförsterei Geisa.
4. *Spiraea thalictroides Pall.* ebendaselbst.
5. *Spiraea media Schmidt* ebendaselbst und anderwärts in Anlagen in der typischen Form.
6. *Spiraea flexuosa Fischer*, ausser an den starkkantigen Trieben noch erkennbar an den sehr schlanken, bogigen Zweigen letzter Ordnung, im Boyneburgschen Park zu Gehaus.
7. *Spiraea ulmifolia Scop.* häufiger in Anlagen und Zäunen.
8. *Spiraea salicifolia L.* An dem einzigen von mir im Gebiete festgestellten Fundorte (Hohe Kammer im Dammersfeldzuge, 650 m) wohl nur durch Zufall angesät oder angepflanzt.
9. *Spiraea Douglasii Hook.* Diese schönste Spierstaude findet bei uns in neueren Anlagen Verwendung; aus früherer Zeit stammen die Sträucher im Park zu Gehaus.
10. *Spiraea salicifolia* × *Douglasii A. u. G.* = *Sp. Constantiae Schroeder*, in Blattform und Zahnung der ersteren nahestehend, im vorerwähnten Parke.
11. *Aruncus aruncus Karsten.* Diese Zierde des Gebirgs-Laubwaldes besitzt bei uns eine nur spärliche Verbreitung; im eigentlichen Gebirge liegen die von (D.) angezogenen Fundorte: Schattige Stellen am Ufer der oberen Fulda oberhalb Gersfeld und Fuss der grossen Nalle, sowie (nach F.) Sinnwald am Kreuzberg oberhalb Wildflecken. Die übrigen Stellen finden sich am Süd-, bez.

Digitized by Google

Südostrande des Gebietes; es sind nach (Vill): Kohlberg bei Weizenbach und Weikersgrüben im Bezirk Hammelburg und nach (K.) Waldsaum am Fusswege Neustadt-Oberebersbach (!), hier in geradezu üppiger Blütenpracht.

12. *Basilima sorbifolia Rafin.* nur in Anlagen und nicht häufig.

13.[1]) *Rosa arvensis Huds.* Ihr einziger, bisher bekannt gewordener Standort innerhalb des Gebietes, im „Lohn" nördlich von Mellrichstadt, einem Walde am Südfusse der „hohen Schul" (K.), dürfte der nördlichste in Unterfranken sein; er liegt ungefähr auf 50° 25′ (der nördlichste in Deutschland 52° 38′). Die Pflanzen gehören der typischen Form an (Herbarium Koch).

14. *Rosa Gallica L.* = *R. pumila Jacq.* Diese schönste Wildrose gehört zu denjenigen Bestandteilen der benachbarten unterfränkischen Flora, deren Verbreitung einseitig in den östlichen Flügel des Gebietes, den Hennebergischen Anteil der Rhön, ausstrahlt[2]). Wir finden sie am Süd- bez. Südostrande des Gebietes nach (Vill) im Mühlschlag bei Morlesau, in der Hainbuche bei Obereschenbach, bei Diebach, bei der Ziegelei Hammelburg und im Walde gegen Oberthulba und bei Elfershausen, ferner nach (G.) zwischen Aura und Wittershausen und nach (K!) an der Waldecke, wo der Fussweg Neustadt-Oberebersbach von der Strasse dorthin abzweigt. Von hier setzt sich ihr Verbreitungsgebiet durch folgende Reihe fort: am Fusswege Ostheim-Völkershausen bald nach der Kreuzung der Strasse Stockheim-Willmars, nach (K.) im Elmbacher Grund zwischen Hermannsfeld und Eussenhausen und am Fusswege zwischen Ruppers und Filken und erreicht ihre nördlichste Station auf dem von mir aufgefundenen Standorte im Eichicht bei Herpf (50° 35′). Was ich von vier der genannten Fundorte gesehen habe, gehört ausschliesslich zur var. pumila Braun-R. pumila Jacq. s. str.

15. *Rosa centifolia L.* In einer Hecke bei Körnbach (Amt Eiterfeld), die wohl ehemals ein Gartenzaun gewesen ist und als einsamer, kräftiger, reich blühender Strauch an einem Feldwege der durch Separation an Gesträuchen verarmten Ostheimer Flur (Pfad Ostheim-Völkershausen vor der Kreuzung der Strasse Stockheim-Willmars), mindestens 2 km von jeder Ortschaft entfernt.

[1]) Kultur-Rosen habe ich nur dann angeführt, wenn sie als verwildert (qu. sp.) zu bezeichnen waren.

[2]) Vergl. hierzu *Drude*: Der hercynische Florenbezirk.

Digitized by Google

16. *Rosa Jundzillii Besser* habe ich bis jetzt nur an zwei weit voneinander liegenden Örtlichkeiten aufgefunden: Waldrand an der Strasse Stockheim-Völkershausen, ziemlich auf der Höhe, in der f. typica R. Keller und Waldrand neben dem Fusspfade von Schleid nach Motzlar links der Ulster, hier in der vom Typus durch spärliche Bewehrung und schlaffen, überhängenden Wuchs ausgezeichneten var. Regelii M. Schulze.
17. *Rosa rubrifolia Vill.* nur in der var. glaucescens R. Keller (und mit einfacher Blüte) in Hausgärten eingebürgert.
18. *Rosa pomifera J. Herrmann.* Nach (Schk.) bei Kissingen, von (Denner) bei Fulda beobachtet, an beiden Orten wohl als Gartenflüchtling anzusehen; anders dürfte es sich mit der von (Sb.) gemachten Fundangabe vom Pilster bei Römershag verhalten, welche neuere Bestätigung allerdings nicht gefunden hat; auch zweimalige Bemühungen an Ort und Stelle von meiner Seite waren ergebnislos. Ein von Herrn Denner zugesandter Zweig trägt eine zur Vergrünung neigende, fehlgeschlagene Blüte in einem achselständigen Wirtel von 5 normalen Blättern.
19. *Rosa tomentosa Smith* ist im ganzen Gebiete nicht selten, während ich die nahverwandte R. omissa Déségl. bis jetzt vergebens suchte. R. tomentosa findet sich in den Thälern an Wegerändern, an den Hängen in Feldzäunen und Waldrändern der Bergregion und selbst auf der höchsten Felskuppe der Milseburg bei ca. 830 m Meereshöhe. Sie tritt am häufigsten in der var. subglobosa Carion auf, seltener in deren f. typica Christ mit länglichen Scheinfrüchten. Die Abart intromissa Crépin beobachtete ich auf dem Fischberg bei Klings und am Wege von Kirchhasel nach Steens, hier mit R. coriifolia zusammen, was deshalb besondere Beachtung verdient, weil Christ in der R. tom. intromissa eine Überleitung zur vorgenannten Art sieht; jedenfalls ist es bemerkenswert, diese Abänderung an dem einen der beiden einzigen Areale der R. coriifolia im Gebiete konstatieren zu können. Im Hün bei Grossentaft stellte ich die var. farinosa Ser. fest.
20. *Rosa rubiginosa L.* Häufig im Gebiete des Kalkes, durch die schönroten Blüten und den würzigen Duft, der sich besonders bei brennender Sonnenglut weithin bemerkbar macht, eine Zierde der Strassenraine und Wegeränder. In Nadelwäldern findet man zuweilen junge, aus Samen hervorgegangene Sträuchlein, die durch dichte Bewehrung, schlanke, ungleichlange, ungebogene Stacheln und kleine, kurzelliptische Blättchen alle Merkmale der

Digitized by Google

Abart pimpinelloides Christ aufweisen, aber nicht blühen. Die sonst beobachteten Formen gehören ausschliesslich zu derjenigen Gruppe, welche gleichgeformte, hakige Stacheln und im Blütenstande Drüsenborsten, sowie reichlich Subfoliardrüsen trägt. Am verbreitetsten ist die var. comosa Dum. in der f. typica H. Braun (wobei die Drüsenborsten allerdings zuweilen vom Blütenstiel auf den unteren Teil der Scheinfrucht übergreifen); die f. apricorum Rip. fand ich im Hün bei Grossentaft, sowie im Walde an der Strasse Oberstreu-Frickenhausen, die var. liostyla Christ bei Kirchhasel gegen den Stallberg. Sträucher aus der Gegend von Oberstreu-Frickenhausen, vom Kohlberg bei Stockheim und von Rasdorf-Eiterfeld, welche mir durch die gelbliche Färbung ihres Laubes auffielen, zeigten bei näherer Betrachtung auch die übrigen Kennzeichen der var. Gremlii Christ.

21. *Rosa elliptica Tausch* findet sich — meist auf Kalkboden — recht oft an gleichen Stellen wie die vorige, doch nicht ganz so verbreitet; sie hebt sich durch graue bis graublaue Färbung ihres Laubes besonders hervor, und ihr Blattwerk bringt dadurch auch vor der Blütezeit eine angenehme Abwechslung in das Grün der Hecken. Von den Formen mit stieldrüsigem Blütenstand beobachtete ich nur die v. hispida R. Keller und zwar nur zweimal, wovon das eine Mal auf Buntsandstein; alle übrigen festgestellten Formen sind ohne solche Stieldrüsen; am verbreitetsten ist die f. typica R. Keller, zuweilen mit Anklängen an die f. latifolia Favrat; nicht selten ist auch die var. Jordani R. Keller und an besonders sonnigen Lokalitäten die var. calcarea R. Keller. Die in der Syn. von A. u. Gr. gemachte Einteilung der Gruppe ohne Stieldrüsen im Blütenstande, mit zahlreichen Subfoliardrüsen und wollig behaartem Griffel in rot- und weissblütige Formen kann leicht irreführen; so erhielt ich die f. typica, welche zu den ersteren gehören soll, aus der Umgebung Fuldas mit weissen Blüten. (M. Schulze in litt.) — Rosa elliptica ist selbst in der durch nicht keilig zulaufende Blättchen gekennzeichneten f. latifolia scharf charakterisiert und auch in der bei uns häufigen Nachbarschaft mit R. rubiginosa im Habitus und allen Einzelheiten deutlich von dieser unterschieden. (Vergl. hierzu die Neubearbeitung von Sturms Flora von Deutschland, wo E. H. L. Krause diese Art kurzerhand als hibride Form anführt)

22. *Rosa micrantha Sm.* konnte ich bisher nur um Eiterfeld und gegen den Schwärzelsberg bei Wehrshausen feststellen; sie ge-

Digitized by Google

hört daselbst ausschliesslich zur f. permixta R. Keller der var. typica Christ.

23. *Rosa agrestis Savi* hat bis jetzt nur einen Fundort im Gebiete: Waldblösse im Hün bei Treischfeld; der einzige, dort anzutreffende Strauch gehört zur var. inodora R. Keller.
24. *Rosa tomentella Leman.* Auch diese Art konnte ich bis daher nur einmal auffinden und zwar in der var. sclerophylla Christ in kurzem Gebüsch am Staufelsberg bei Unterweid gegen den Auersberg.
25. *Rosa canina L.* Verbreitet auf allen Bodenarten, bis gegen 700 m aufsteigend. Sie tritt gleichermassen in der Abart Lutetiana Baker wie in der var. dumalis Bak. auf, welche beide bei uns arm an Formen zu sein scheinen; zur ersten var. gehört die an einigen Stellen beobachtete f. glaucescens Desv., welche an Exemplaren vom oberen Ulsterthal über Wüstensachsen (650 m) Spuren von Behaarung am Blattstiele zeigt, die vielleicht von einer Beeinflussung durch die benachbarte R. coriifolia herrühren könnten. Von der R. dumalis fand ich die durch kugelige Scheinfrüchte und dichtdrüsige Blattstiele auffallende, mit stark zusammengesetzter Zahnung versehene f. biserrata Baker bei Neustadt a. d. Saale.
26. *Rosa dumetorum Thuill.* Verbreitung wie die der vorigen, sie besonders an Waldrändern häufig ersetzend; auch ihr vertikales Vorkommen ist annähernd das gleiche. Die Formen mit einfacher Zahnung scheinen weit häufiger zu sein als die mit doppelter. Zwischen beiden Gruppen steht eine Form, die nur teilweise doppeltgezähnt ist und durch schmalelliptische, langzugespitzte Blättchen auffällt. Von der ersten Gruppe ist die var. platyphylla Christ am meisten vertreten, doch ist auch die var. Thuillieri Christ nicht gerade selten; die hierzu zu rechnende f. cinerosa R. Keller fand ich einmal am Waldrande bei Grüsselbach. Eine von einer Waldwiese des Rossberges bei Kranlucken stammende Rose trägt wohl die Blattform der v. Thuillieri scharf ausgeprägt, besitzt aber nicht deren deutliche Behaarung. Von den Formen mit zusammengesetzter Zahnung fand ich nur hemitricha R. Keller und subglabra Borbas, beide auf Buntsandstein nahezu auf der Thalsohle der Werra bei Vacha.
27. *Rosa glauca Villars* tritt noch häufiger auf als R. canina. Diese sonst so vielgestaltige Rose scheint im Gebiete wenig abände-

Digitized by Google

rungsfähig zu sein. Am verbreitetsten ist die var. subcanina Braun als Vertreterin jener der R. canina nahestehenden Gruppe; einfach gezähnte Formen der Gruppe mit aufgerichteten, bez. abstehenden Kelchblättern habe ich bis jetzt nicht feststellen können, sondern nur die doppeltgezähnte var. complicata H. Braun.

28. *Rosa coriifolia Fries.* Diese durch ihre schöne Blütenfarbe ausgezeichnete Rose habe ich bis jetzt nur an zwei geradezu entgegengesetzten Örtlichkeiten und zwar in der var. subbisberrata Borbas entdecken können: bei Kirchhasel an einem Feldwege gegen Steens, ungefähr 350 m, auf Sandboden (vergl. Nr. 19) und dann wieder oberhalb Wüstensachsen auf Basaltboden am Stellberg gegen den Kesselrain bei ungefähr 750 m, in nächster Nähe der Ulsterquelle unter dem Kesselrain gegen 700 m und an einem Fusspfade längs der Ulster kurz über der genannten Ortschaft bei 600 m über dem Meere. Möglich wäre es, dass auch eine von Herrn Dr. Bliedner im Sommer 1905 oberhalb Hausen gegen den Eisgraben gesehene Rose hierher gehörte.

29. *Rosa cinnamomea L.* nur verwildert in Zäunen und da meist nicht blühend; nur in der unter Nr. 15 erwähnten Hecke bei Körnbach trug sie schwach gefüllte Blumen. Wie es sich mit den von (R.) am Herrenberg bei Meiningen beobachteten Zimmetrosen verhält, vermag ich nicht zu sagen.

30. *Rosa pimpinellifolia L.* In unseren Bauerngärten ist die zierliche, gefüllte, gelbblühende, reichbewehrte Spielart gern gesehen, und die von (R.) am Landsberg bei Meiningen beobachteten Exemplare mögen wohl als qu. sp. zu bezeichnen sein. Ein natürliches Vorkommen ist nur für die Gegend von Hammelburg durch (Vill) konstatiert; sie soll dort auf Kalkboden häufiger sein; es werden genannt — ohne dass ich die Zugehörigkeit der Fundorte zum Gebiete im einzelnen festzustellen vermag — Euerdorf, Trimberg (blassrot), Langendorf, Elfershausen, Hammelburg, Ober- und Untereschenbach; ihr Areal läge also daselbst längs des Saaletales und dann noch bei Oberthulba. Sie scheint in dieser Gegend die nördliche Grenzlinie ihrer Verbreitung in Süddeutschland zu finden.

31. *Rosa lutea Miller* var. punicea A. u. G. nur vereinzelt in Gartenzäunen angepflanzt, hat sich auf einem Turme der alten Stadtmauer von Geisa angesiedelt.

Digitized by Google

32. *Alchimilla arvensis Scop.* auf Sandäckern im ganzen Gebiet, doch auch auf feiner Basaltkrume der höheren Lage verbreitet.
33. *Alchimilla montana Willd.* auf kurzrasigen, ziemlich moosfreien, steinigen Hutflächen der obersten Region, nicht unter 700 m z. B. am Holzberg, Dammersfeld, Wasserkuppengebiet, Stellberg bei Wüstensachsen und Schwabenhimmel, Querenberg u. s. w. und nur in der var. glaucescens A. u. G.
34. *Alchimilla eu-vulgaris A. u. G.* in den unteren und mittleren Lagen auf Wiesen, an Bergbächlein, in Laub- und lichten Nadelwäldern und auf den Huten der hohen Rhön gemein, bis gegen 850 m aufsteigend. Die var. silvestris A. u. G. findet sich in den f. pastoralis A. u. G. in allen Höhenlagen und geht auf quelligen Hochwiesen in die subf. vegeta Buser über; f. subcrenata Briquet beobachtete ich am roten Moore; die unverkennbare Form acutangula A. u. G. tritt sowohl im Thalgrunde bei Motzlar wie auch in 800 m Höhe am Schwabenhimmel auf; die var. pratensis A. u. G. ist gleichfalls in allen Höhenlagen vertreten, bevorzugt lichten Laubwald und meidet die allzu trockenen Teile der Hochwiesen.
35. *Alchimilla alpestris Schmidt* beschränkt sich auf die höheren Lagen, wo ich sie in der var. eu-alpestris A. u. G. f. typica A. u. G. an feuchten Plätzen des Schwabenhimmels, in der Umgebung des roten Moores und an ähnlichen Örtlichkeiten nicht unter 800 m auffand; nur im Nadelwalde am Staufelsberge bei Unterweid war sie bis 600 m herabgestiegen.
36. *Agrimonia Eupatoria L.* Von dieser verbreiteten Pflanze beobachtete ich die var. fallax Fiek in dichtem Gebüsch bei Geisa, eine zur v. minor K. Koch zu ziehende Form auf trockener Hutwiese am Wisselsberge bei Kirchhasel und die var. longifolia Wallroth in Weinbergen bei Kissingen.
37. *Sanguisorba officinalis L.* häufig vom Thalgrunde bis zu den besseren Wiesen der hohen Rhön; in den tieferen Lagen ist die var. auriculata Focke nicht selten; die var. montana Focke, welche auf dem Vogelsberg vorkommen soll, müsste danach eigentlich auch bei uns mit Sicherheit zu erwarten sein.
38. *Sanguisorba sanguisorba A. u. G.* auf Kalkhängen und nur in der var. glaucescens Garcke häufig.
39. *Filipendula ulmaria Maxim.* auf feuchten Wiesen, an Bächen und in feuchtem Gebüsch bis zum oberen Saume der Bergwälder gegen die hohe Rhön verbreitet; die var. cinerea Glaab ist nicht

Digitized by Google

selten; die var. denudata Beck konstatierte ich im Quellgebiet der Ulster oberhalb Wüstensachsen (660).

40. *Filipendula filipendula Karsten = F. hexapetala Gilib.* nur am Sodenberg bei Hammelburg auf Kalk gegen Obereschenbach, also an der äussersten Südgrenze des Gebietes (Vill). Die nächsten Standorte liegen um Schweinfurt und bei Behrungen im Grabfeld.
41. *Rubus chamaemorus L.* Von Schlechtendahl und Hallier für die Rhön angegeben, kommt hier nicht vor; die genannten Autoren zogen vielleicht eine diesbezügliche von Ruppius stammende Angabe für den Meissner hierher, die „Rhön" im weitesten Sinne auffassend; aber auch dort ist diese nordische Pflanze nach Wigand II. T. nicht wieder aufgefunden worden. Vermutlich beruht auch diese Angabe auf irgend einer Verwechslung (mit R. saxatilis?), wie solche neuerdings im Forstmerkbuche für Hessen-Nassau leider wiederum auftauchen. (Vergl. Erica tetralix etc.)
42. *Rubus odoratus L.*, neuerdings an Bahnhofsanlagen, seltener in Gärten angepflanzt, gedeiht in 550 m Höhe, den harten Ostwinden ausgesetzt, recht gut am Bahnhofe Milseburg.
43. *Rubus saxatilis L.* auf Kalk in den Bergwäldern von ca. 450 m an aufwärts in allen Gebietsteilen vertreten, so dass eine besondere Angabe der Standorte sich erübrigt; in den höheren Lagen finden sich Schösslinge von 4—5 m Länge, während Früchte daselbst seltener anzutreffen sind.
44. *Rubus Idaeus L.* Ausser der völlig unbewehrten Abänderung konnte ich weitere Formen der bei uns verbreiteten und geschätzten Himbeere nicht feststellen.
45. *Rubus suberectus G. Andersen.* Die bis jetzt konstatierte Verbreitung dieser Brombeere erstreckt sich auf den Buntsandstein des weiteren Milseburggebietes: Sandplatte zwischen Bubenbadstein und Grabenhöfchen, Ebersberg, Waldstrasse Karhof-Tiergarten, Rosskuppe und Zuckerkuppe bei Dammersbach. An einem anderen Standorte, am Haunhof im Werratale, weist die Pflanze durch grössere Stacheln und schärfere Blattzahnung auf den Einfluss des R. plicatus hin, wenn sie nicht überhaupt als eine modifizierte Form von diesem anzusprechen ist.
46. *Rubus plicatus Wh. u. N.* Sein Verbreitungsgebiet fällt fast mit dem des vorigen zusammen: Steinwand, Stellberg bei Kleinsassen, Ebersberg und Rosskuppe bei Dammersbach.
47. *Rubus hypomalacus Focke* seither nur im vorderen Erlicht bei Geisa, nach Form und Grösse der elliptischen Endblättchen

Digitized by Google

mit der von G. Braun als f. macrophylla bezeichneten Abänderung übereinstimmend.

48. *Rubus caesius* × *thyrsanthus Focke.* Eine dahin zu deutende Brombeere wächst im Gebüsche am Rande der Strasse Haselstein-Neuwirtshaus; den zweiten Erzeuger habe ich allerdings nicht auffinden können; doch dürfte das bei den fortwährenden Angriffen, denen Zäune im Felde und beim Strassenbau ausgesetzt sind, nicht seltsam sein; man wird die gleiche Erfahrung bei offenbaren Hibriden des R. tomentosus (nach einem Hinweis von Focke) machen können.

49. *Rubus phyllostachys P. J. Müller* in der var. elatior Focke an Weinbergsmauern bei Gemünden an der Saale; dieser von mir 1902 entdeckte Standort des R. elatior dürfte der nördlichste seiner Verbreitung sein (50° 5′). Die von Prantl angezogenen bayrischen Fundorte liegen in der unteren bayrischen Hochebene.

50. *Rubus caesius L.* × *R. phyllostachys var. elatior Focke* mit dem vorigen zusammen.

51. *Rubus tomentosus Borkhausen* nur an einem Kalkraine oberhalb Ginolfs in Unterfranken als var. glabratus Godron, reichlich fruktifizierend und an einem Waldwege zwischen Huts- und Neuberg in der Hennebergischen Rhön (Rh!) in der var. setosoglandulosus Wirtgen mit aufgerichtetem Wuchse.

52. *Rubus caesius L.* × *R. tomentosus Borkh.* Für die festgestellten Standorte dieses Bastards gilt, was den einen parens, nämlich R. tomentosus anbetrifft, die unter Nr. 49 gemachte Bemerkung; es will scheinen, als ob dieser empfindlicher gegen Ausrodungsversuche sei als die übrigen Arten. Die vorgefundenen Hibriden lassen sich deutlich folgendermassen gliedern: a) supertumentosus mit ausgeprägtem tomentosus-Blatt, besonders im Blütenstand (Weinberge bei Hammelburg, in Oberebersbach a. d. Saale, Zaun bei Haselstein gegen Molzbach, Hübelkuppe bei Rasdorf und Mannsberg im Geiserwaldzuge gegen Zitters; b) intermedius an der Osterburg bei Bischofsheim, am Wege Schleid-Kranlucken und mit a) bei Haselstein; c) supercaesius am Schwärzelsberge bei Mannsbach. Das Vorkommen dieses Bastardes erstreckt sich nach diesen Feststellungen auf den südlichen, südöstlichen und nördlichen Rand des Gebietes.

53. *Rubus rudis Wh. u. Nees.* Bisher nur im Laubwalde des Kleinberges bei Rasdorf zahlreich in typischer Form.

Digitized by Google

54. *Rubus radula Weihe* an der Strassenböschung bei Waldberg gegen Premich in Unterfranken mit spärlich drüsigen Schösslingen und typisch im Walde am Fusswege Rossdorf-Sinnershausen im östlichen Randgebiete.
55. *Rubus Bellardii Wh. u. N.* ist der häufigste Vertreter der Gattung auf vulkanischem Gestein in den Laubwäldern der Bergregion von ungefähr 500 m aufwärts; auf Buntsandstein habe ich ihn nur in der Nachbarschaft der Milseburg auf der Sandplatte und im Walde zwischen Kloster Sinnershausen und Rossdorf gefunden; die f. coriacea Utsch, durch lederig-starres Laub ausgezeichnet, beobachtete ich an einem Waldwege des hohen Sterns im Geiserwald, sowie am Ochsenberg und auf einer Waldblösse des Forstortes Sandplatte; als latifolia wäre eine sehr breitblättrige Form aus dem Waldesschatten der „Kaskadenschlucht" oberhalb Gersfeld zu bezeichnen; ein Rubus Bellardii aus dem Eisgraben oberhalb Hausen, von Herrn Kretzer als f. subcordata bezeichnet, leitet zu R. crassus über, nur sind seine Blätter nach dem herzförmigen Grunde hin verschmälert, bei R. crassus hingegen breit gerundet.
56. *Rubus hirtus W. K. var. eu-hirtus Focke.* In Vorkommen und Verbreitung ähnlich dem R. Bellardii, nur etwas tiefer herabgehend. Von besonders auffälligen Abänderungen sammelte ich eine fast kahlblättrige Form (die aber stärker bewehrt ist als die f. tenuiglandulosus Focke) am „Horn" bei Wiesenthal und auf Buntsandstein im Tiergarten gegen die Fohlenweide; eine grob- und tiefgesägte Form auf gleichem Boden am Ebersberg, eine von Kretzer als f. corymbosa bezeichnete mit kurzgedrängtem, trugdoldigem Blütenstand am Arzberge bei Geisa; zur f. rubiginosus Focke gehören Exemplare vom Staufelsberge bei Unterweid; Pflanzen vom Schleidsberge bei Geisa weisen durch ihre Blattgestalt auf die var. Harcynicus Focke hin.
57. *Rubus hirtus W. u. K. var. Guentheri Focke* nur an zwei zusammenhängenden Teilen der Hünfelder Rhön (Kegelspiel) auf Basalt, nämlich am Fusse des Stallberges gegen den Moorsberg und im „Buchwald" am Fusswege Rasdorf-Haselstein, hier in der f. pseudo-Guentheri Focke mit gleichfarbiger Blattober- und -Unterseite.
58. *Rubus crassus Holuby.* Gleichfalls an zwei benachbarten Orten auf Basalt: im Geiserwald (Mannsberg) und dem Kuhberg bei Zitters; bei den Exemplaren des ersteren Fundortes sind die Seitenblättchen wesentlich länger gestielt als am Typus.

Digitized by Google

59. *Rubus caesius L.* verbreitet auf Kalkäckern, Kalkrainen etc. Von den in der Synopsis von A. u. G. aufgeführten Abarten konnten festgestellt werden: vulgaris Focke, glandulosus Focke, armatus Focke, (besonders da, wo der Pflug den Sträuchern alljährlich scharf zu Leibe geht) und arvalis Rchb.; in schattigem Strauchwerke bei Geisa sammelte ich eine von Kretzer als hirticaulis, an der Strasse Geisa-Buttlar eine als rotundifolius bezeichnete Form, von denen nicht festzustellen war, in wieweit andere Arten oder auch hibride Formen mitgewirkt haben.
60. *Rubus Mortensenii Friedrichsen* erscheint im Hinblick auf das häufige Auftreten der mutmasslichen Erzeuger recht selten: bisher nur im Buschwerk des Hellenberges bei Grüsselbach und am Wiesenwege Geisa-Borsch.
61. *Rubus caesius* × *Species der drüsenlosen Gruppe*, von Kretzer R. gratiosus (nec P. J. Müller) genannt, am Staufelsberge bei Unterweid von mir und auf dem Dippersberge bei Meiningen von Herrn Prof. E. Koch gesammelt, bedarf noch der Klärung, die mir nicht gelingen wollte. Andere Kreuzungen des R. caesius aus unserem Gebiete suche man unter Nr. 48 und 50.
62. *Rubus eu-pruinosus Focke:* Am Nordrande der Borscher Aue (Mischwald) bei Geisa in einer durch Blattgestalt dem R. caesius nahen Form (caesioides Kretzer), auch weissblütig.
63. *Rubus oreogeton Focke:* Waldweg am Wisselsberge bei Kirchhasel.
64. *Rubus nemorosus Hayne var. Friesii Focke.* Eine mit dem R. lamprocaulos G. Braun übereinstimmende, wohl zum Kreise des R. Friesii G. Jensen gehörige Brombeere findet sich im Laubwalde des Beyer gegen Öchsen und am Waldrande des Staufelsberges gegen Dippach.
65. *Rubus serrulatus Lindeberg:* Im Gebüsch des Hanges am Wiesenwege Geisa-Borsch (Kalk).
66. *Rubus dissimulans Ldbg.* Auf Buntsandstein an einem Tümpel der Flur von Neuwirtshaus (Hünfeld), auf Kalk in Hecken bei Zitters, und mit wenig bewehrten Blütenstielchen auf Basalt am Horn gegen Bernshausen, alle drei Fundorte in der Vorder-Rhön.
67. *Rubus eu-corylifolius Focke* bis jetzt nur an dem vorerwähnten Tümpel bei Neuwirtshaus.
68. *Rubus Wahlbergii Arrhen.* Nur im Gebiete der Hünfelder Rhön (Kegelspiel) im Walde zwischen Setzelbach und Haselstein, im Quecksmoor (Wald zwischen Rasdorf und Neuwirtshaus) und weissblütig am Wisselsberge bei Kirchhasel.

Digitized by Google

69. *Fragaria vesca L.* In Gebüschen und Nadelwäldern, sowie trockenen Laubwäldern verbreitet in der typischen Form der var. silvestris L.; am Tiedgesstein fand ich starke Pflanzen noch im Oktober blühend.

70. *Fragaria moschata Duchesne* ist in ihrem Vorkommen sehr beschränkt; nach (G.) um die Lichtenburg bei Ostheim (!) und bei Unterbreizbach, nach (R.) um Meiningen, nach (D.) am Rauschelberge bei Fulda. Wo ich sie sonst noch bemerkte, liess sich ihr Vorhandensein mit nahen Gärten in Zusammhang bringen; offenbar sagt ihr das Rhönklima nicht besonders zu; auf Gartenland bei Geisa konstatierte ich einen reichen, durch einen Zaun geschützten Bestand mit abweichender Kelchbildung; die Kelchblätter waren teils mehr oder weniger tief gespalten, teils gefiedert, die Blumenblätter aber häufig verkümmert; man könnte diese Formen als Anfänge zur var. calycina (Soy. Willem. pro spec.) zählen.

71. *Fragaria viridis Duchesne* ist in der typischen Form verbreitet und auf sonnigem, dürrem Kalkboden mit weisslichen oder hellrosafarbenen Früchten, welche hier zu Lande „Petzel" genannt werden, abändernd; den Ursprung dieser Bezeichnung konnte ich nicht ermitteln.

72. *Comarum palustre L.* Wie schon Heller angiebt: „In Rhönsümpfen fast überall", selbstredend in den Sümpfen der höheren Lagen einschliesslich aller Hochmoore. Besondere Erwähnung verdient sein Vorkommen in Wassergräben bei Bischofsheim (Vill), wohin die Pflanze wohl mit dem Abflusswasser des roten Moores gelangt ist. In tieferer Lage findet sich das Sumpf-Blutauge noch nach (G.) im Petersee (!) und Stedlinger Moor (!), in der sumpfigen Umgebung des Schönsees bei Urnshausen (!), sowie am Birkensee bei Rossdorf (!).

73. *Potentilla fruticosa L.* in der var. vulgaris Willd. in Anlagen angepflanzt, am Herrenberg bei Meiningen qu. sp.

74. *Potentilla sterilis Garcke* zerstreut über den Süd-, Ost- und Nordrand des Gebietes: Bei Kissingen am Staffelsberge (Emmert-Segnitz in „Poeverelein"), nach (K.) im Walde an der Strasse Neustadt-Oberebersbach und an der Strasse Stockheim-Willmars, im Eisgraben oberhalb Hausen (Wislicenus in „Poeverelein"), nach (S.) im Eichicht bei Herpf und im Walde am Stedlinger Moor, am Südabhang des Bless und am Mühlberge bei Salzungen

Digitized by Google

(K.), am Fusswege Haselstein-Rasdorf (G!), sowie am Wege Vacha-Unterbreizbach und am Saume der Borscher Aue bei Geisa!

75. *Potentilla alba L.* wird von (Prantl) für Kissingen angegeben, an dem von (Heller) genannten Berg St. Viti bei Neustadt habe ich vergebens nachgesucht. Diese Örtlichkeit hat seit Hellers Zeit durch völlige Aufgabe des Weinbaues die meisten Glieder ihrer damals interessanten Flora eingebüsst. Die nächstliegenden Standorte der P. alba gehören schon zum Grabfelde.

76. *Potentilla rupestris L.* Eine diesbezügliche Standortsangabe, wohl zuerst in Dr. Jos. Schneiders: Naturhistor.-topographisch-statistischer Beschreibung des hohen Rhöngebirges (Fulda 1840) gebracht, wurde von Prantl und danach von (Bottler) und von (Poeverlein) aufgenommen; mit Geheeb und Koch bezweifle ich die Richtigkeit dieser Angabe; offenbar ist Schneider von seinem Gewährsmanne falsch berichtet worden.

77. *Potentilla atrisanguinea Loddiges*, seltene Gartenzierpflanze.

78. *Potentilla argentea L.* An Wege- und Ackerrändern, Gartenmauern, Waldwegen und auf trockenen Waldblössen, meist auf Sandboden, zuweilen auf Kalk, selten auf vulkanischem Gestein; im südlichen, östlichen und nördlichen Vorlande zerstreut, im Westen und im Hauptstocke des Gebirges fehlend. Ihr Vorkommen ist festgestellt für Gemünden, Mittelsinn, den Zornberg bei Premich und Oberebersbach, für Sandberg (P.), für Frickenhausen, nach (G.) für Hillenberg bei Roth, ferner für Stedlingen, von (R.) für Sülzfeld, Helmershausen und Dreissigacker, für Herpf und das Blessgebiet, von (R!) für Salzungen, für Mannsbach und Vacha, von (G.) für den Kleinberg bei Rasdorf (hier auf Phonolith). Mit dieser Aufzählung dürften jedoch die Standorte ihres Verbreitungsgebietes nicht erschöpft sein. Über die Formen dieser abänderungsreichen Art berichtet keine der angezogenen Quellen. Die von mir konstatierten Varietäten etc. seien nachstehend in systematischer Reihenfolge aufgeführt: a) typica Beck nebst Übergängen zu dissecta und subincanescens; b) multifida Tratt. (Stedlingen und Mittelsinn); c) latisecta Tratt. (Phonolithkuppe des Kleinberges); d) demissa Lehmann (Bahndamm Gemünden) und Übergang zu tenniloba (Zornberg bei Premich; e) perincisa Borbas (Gemunden); f) subincanescens Th. Wolf (Mittelsinn); g) dissecta Wallr. (Vacha).

79. *Potentilla supina L.* Hierfür liegt nur die schon von (H.) gemachte Angabe vor: „An der Brend bei Unterweissenbrunn, an

Digitized by Google

der Saale bei Gemünden und Schonderfeld". Eine weitere Bestätigung ist ebensowenig erfolgt, wie für eine Reihe anderer für Unterfranken von (H.) genannten Fundorte (vergl. „Poeverlein" S. 8). Ich selbst habe an der Brend und bei Gemünden vergebens gesucht, und mit Rücksicht auf den langen, seit Hellers Flora Wirceburgensis verflossenen Zeitraum (nahezu 100 Jahre) ist die (H.sche) Angabe nicht mehr gut aufrecht zu erhalten.

80. *Potentilla recta L.* Wenn man von der ausserhalb der Gebietsgrenze liegenden Ruine Trimburg (Vill br.) und der unsicher gewordenen Angabe für den Vitsberg bei Neustadt (H.) absieht, so bleibt noch die Notiz von (S.) und auch (R.) für den Landsberg bei Meiningen übrig, von wo die Art als verwildert bezeichnet und zudem pilosa Willd. zugerechnet wird. Nun hat aber Herr Dr. Bliedner im Juli 1905 bei Herpf gegen die „Herpfer Berge" eine Potentilla recta gefunden, welche nach der Form der Blattzähne keinesfalls in die Gruppe der pilosa (Wild.) Lehmann gehört, sondern nach dem Blattabschnitte unbedingt zur var. corymbosa A. u. G. P. obscura Nestler zu rechnen ist; sie neigt nach dem Umrisse der Blättchen zur f. subobscura A. u. G. Daraus könnte man zwei Schlüsse über die Pflanze vom benachbarten Landsberg ziehen: dass sie nämlich nicht als qu. sp. anzusehen sei, und dass sie vermutlich auch zur var. corymbosa zu ziehen wäre; mithin dürfte das Vorkommen der P. pilosa in der durch die Synopsis von A. u. Gr. nunmehr festgestellten Bedeutung innerhalb des Gebietes abzustreiten sein. (Vergl. auch „Poeverlein" Nr. 18 des Litteraturverzeichnisses.)

81. *Potentilla Thuringiaca Bernh.* (R.) nennt nach einer Angabe von Emmerich einen Fundort zwischen Rippershausen und Stepfershausen. Da die Pflanze nach Rottenbach: Die Verbreitung der Pot. Thur. (Allg. bot. Zeitschr. 1896) hier nicht wieder aufgefunden worden ist, so bleibt für unser Gebiet nur ein einziger, an der Strasse Leubach-Frankenheim gelegener Fundort, der zu Pfingsten 1900 von Herrn Koch junior, dem Sohne des oft erwähnten Herrn Prof. Koch-Meiningen, entdeckt wurde.

82. *Potentilla aurea L.* Sie soll nach (H.) von Dr. Schneider auf dem Kreuzberge gefunden worden sein. Die Nachricht klingt ebenso unwahrscheinlich, wie die unter Nr. 76 erwähnte über P. rupestris und manche andere über die Flora des Kreuzberges, auf welche wir später einzugehen Gelegenheit haben werden. Psychologisch lassen sich ja solche, meist auf Ver-

Digitized by Google

wechslungen beruhende Irrtümer unschwer erklären, da ein Verehrer einer so exponierten oder sonstwie abweichenden Örtlichkeit leicht geneigt ist, hier floristische Seltenheiten zu erwarten und zu sehen.

83. *Potentilla rubens Zimm.=P. opaca L.* Nach (K.) auf dem Dippersberg bei Meiningen und im „Lohn" bei Mellrichstadt. Alle meine Bemühungen, die Art an anderen, geeigneten Örtlichkeiten des Gebietes aufzufinden, waren erfolglos.

84. *Potentilla Tabernaemontani Aschers.=P. verna L.* z. T. verbreitet bis ca. 750 m. Ich führe die von mir beobachteten Formen in systematischer Reihenfolge an: a) typica A. u. G., nebst Übergängen zu Billotii, Neumanniana, incisa und pseudo-incisa, auch als f. grandiflora Th. Wolf; b) Amansiana A. u. G. (Strassenrain bei Günthers) und in der f. parce-glandulosa Th. Wolf auf Huten des Ehrenbergs bei Reulbach gegen 750 m); c) pseudo-incisa A. u. G. (Ehrenberg 750 m, klein, nicht ganz typisch, Boxberg bei Geisa), ferner mit Annäherung an incisa (Habichtsburg bei Meiningen); d) Neumanniana A. u. G. (Gartenmauer des Rechnungsamts in Geisa), e) Billotii A. u. G. (Vorderes Erlicht bei Geisa), daselbst auch im Blattschnitte zu longifolia A. u. G. neigend.

85. *Potentilla super-Tabernaemontani×arenaria A. u. G.* in der f. eglandulosa Th. Wolf auf einem Kalkfelsen an sonnigem Waldwege des Leimkopfes bei Hofaschenbach. Dieser von Herrn Dr. Th. Wolf begutachtete Fund ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil P. arenaria bisher im Gebiete nicht festgestellt werden konnte. Die nächsten Standorte dieser Art sind: im S. um Hammelburg nach Süden hin (Vill.), im W. erst jenseit des Vogelsgebirges, im N., — da (R.) unter P. cinerea Chaix sicherlich nur die P. arenaria meinen kann —, bei Liebenstein und Eisenach.

86. *Potentilla silvestris Necker = Tormentilla erecta L.* ist verbreitet und findet sich noch auf den höchstgelegenen Hutflächen der hohen Rhön (950 m). Die vorgefundenen Formen gehören ausschliesslich der Rasse eu-silvestris A. u. G. an. Ausser der typischen Form fand ich noch distendens A. u. G. im Nadelwald der Borscher Aue bei Geisa, während die f. strictissima Beck auf den hochgelegenen Mooren und Sümpfen nicht selten ist.

87. *Potentilla procumbens Sibth.* nur an der Ostgrenze im Walde bei Stadlingen (Rh.) und bei Ruppers (R.).

Digitized by Google

88. *Potentilla reptans L.* verbreitet in der var. typica Domin f. vulgaris A. u. G. Die zierliche var. microphylla Tratt. findet sich auf Kiesstellen an der Ulster bei Geisa.
89. *Potentilla anserina L.* ist am häufigsten in der f. discolor Wallr. der var. argentina A. u. G.; seltener als diese ist die schöne var. sericea Hayne.
90. *Geum rivale L.* ist verbreitet bis zu den hochgelegenen Sumpfwiesen.
91. *Geum urbanum L.* steigt in quelligen Wäldern bez. Ufergebüschen bis zur Grenze des Laubwaldes auf und findet sich andererseits an trockenen Plätzen in der Nähe der Ortschaften.
92. *Geum rivale* × *urbanum A. u. G.* wurde von (D.) am Giebelrain und beim Forsthanse Tiergarten (Milseburggebiet) beobachtet.
93. *Kerria Japonica DC.* zuweilen in Anlagen; in Bremen bei Geisa in einem Bauerngarten.

Geisa, 18. X. 1905.

Digitized by Google

Klimatologie Würzburgs in ihrer Entwickelung.

Von

Adam Hessler.

Die Geschichte der deutschen Meteorologie ist noch nicht geschrieben. Zwar gibt *G. Hellmann* in seinem „Repertorium der deutschen Meteorologie" als dritten Teil dieser seiner Arbeit einen „Umriss einer Geschichte der meteorologischen Beobachtungen in Deutschland", ferner eine „Chronologische Tabelle zur Geschichte der Meteorologie und des Erdmagnetismus in Deutschland" und die Wissenschaft muss ihm dankbar sein auch dafür; aber diese kurzen Notizen können und wollen eine umfassende Geschichte der deutschen Meteorologie nicht ersetzen. Bausteine zu dieser Geschichte sind allerdings schon vorhanden: Bearbeitungen von Witterungsbeobachtungen einzelner Städte, Spezialabhandlungen über einzelne Kapitel der geschichtlichen Meteorologie; aber es fehlt sogar noch an zusammenfassenden Darstellungen über die grossen deutschen Meteorologen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, *Schön*, *Kämtz*, *Lamont* und *Dove*, die Begründer der wissenschaftlichen Meteorologie in Deutschland. Diese Lücke wenigstens in Bezug auf den erstgenannten *Johannes Schön*, im Rahmen einer „Klimatologie Würzburgs in ihrer Entwickelung" auszufüllen, wird die vorliegende Arbeit versuchen.

Es wird meine Aufgabe sein, den geschichtlichen Gang der meteorologischen Beobachtungen für Würzburg darzulegen, diese auf ihren Wert und ihre Bedeutung für die Kenntnis des Klimas von Würzburg zu untersuchen und das Wirken der Würzburger Beobachter näher zu beleuchten.

Arbeiten ähnlicher Art liegen speziell für Bayern schon einige vor: ich erinnere nur an die in den „Beobachtungen der meteoro-

Digitized by Google

logischen Stationen im Königreich Bayern" niedergelegten Arbeiten über langjährige Witterungsbeobachtungen von Bayreuth, Augsburg und München. Aber diese beschränken sich auf eine tabellarische Wiedergabe der betreffenden Beobachtungsreihen nach einheitlicher, kritischer Berechnung und gehen weniger auf die geschichtliche Entwickelung ein.

Bevor ich aber an meine eigentliche Aufgabe herantrete, möchte ich noch einige Bemerkungen vorausschicken über die Art, wie ich die über Würzburg vorliegenden Witterungsbeobachtungen bearbeitete. Als Vorbild in vieler Beziehung diente mir die Abhandlung über „67jährige Beobachtungen in München" im Jahrgang 1882 der „Beob. d. met. Stationen im Kr. Bayern", besonders bei Aufstellung der Tabellen. Die Würzburger Beobachtungen bieten nun keine lückenlose, noch weniger eine gleichartige Reihe; sie sind ziemlich unvollständig und sehr ungleichmässig. Um nun überhaupt Werte zu erhalten, die unter sich und mit denen anderer Orte vergleichbar waren, musste ich alle Beobachtungen ganz neu nach den heute gültigen Regeln berechnen. Jetzt erst war eine Prüfung und Vergleichung der gemachten Beobachtungen möglich. Natürlich fiel da manches von den alten Witterungsbeobachtungen als gänzlich unbrauchbar hinweg. Was die Neuberechnung der Beobachtungen betrifft, so schloss ich mich, um unmittelbare Vergleichbarkeit der Resultate zu erzielen, an die obenerwähnte Arbeit über „67jährige Beobachtungen in München" an. Wo dies bei den Tabellen nicht möglich war, wird es später eigens erwähnt werden. Selbstverständlich sind alle Angaben in den modernen Bezeichnungen angeführt. Die gewonnenen Ergebnisse habe ich dann in einem Anhange in Tabellenform hinzugefügt, weniger in der Absicht, eine Charakteristik der klimatischen Verhältnisse von Würzburg zu geben — dazu sind die Reihen zu kurz und mangelhaft — als vielmehr das vorhandene, irgend verwertbare Material in bequemer Form zusammengestellt zu liefern.

Jetzt zur Klimatologie Würzburgs selbst! *G. Hellmann*[1]) unterscheidet in der Geschichte der meteorologischen Beobachtungen aller Länder drei Perioden. „Die erste umfasst die Zeit der Aufzeichnungen ganz allgemeiner oder auffälliger Witterungserscheinungen ohne Zuhilfenahme von Instrumenten und reicht bis zur Epoche der Erfindung des Barometers und Thermometers", also bis gegen die

[1]) *G. Hellmann*, Repertorium der deutschen Meteorologie S. 875.

Digitized by Google

Mitte des 17. Jahrhunderts, ohne natürlich mit diesem Zeitpunkte ganz aufzuhören. Die zweite Periode umfasst die Zeit der eigentlichen Witterungsbeobachtungen mit Instrumenten durch einzelne Personen. Die dritte beginnt mit dem Zeitpunkte, wo der Staat den Betrieb eines grossen meteorologischen Netzes in die Hand nimmt.

Überblickt man alles, was in Würzburg an Witterungsbeobachtungen vorhanden ist, so lassen sich auch hier diese Perioden deutlich erkennen.

Die alten Chronikschreiber sind sehr gewissenhaft in der Aufzählung und Beschreibung abnormer Witterungserscheinungen, sehr kalter Winter und ungewöhnlich heisser Sommer, und sie haben ja auch einen gewissen Wert für den Nachweis der *Brückner*'schen Klimaschwankungen. Doch sind die Aufzeichnungen für Würzburg, wie sie in der Chronik von Würzburg des Magisters *Lorenz Fries* enthalten sind, zu lückenhaft, um für Würzburg solche Schwankungen nachweisen zu können. Dagegen stimmen die einzelnen Angaben über sehr heisse Sommer und sehr kalte Winter gut mit den Ausführungen *Brückners* überein.

Wenn man von diesen vereinzelten Angaben über ungewöhnliche Witterungserscheinungen absieht, so beginnt die eigentliche Beobachtung der Witterungserscheinungen mit Instrumenten durch einzelne Personen für Würzburg ziemlich spät, nämlich erst mit dem Jahre 1765. Doch sind diese Beobachtungen noch ganz unbrauchbar. Einen gewaltigen Schritt vorwärts machte die Klimatologie Würzburgs, als dieses in das Stationsnetz der in der deutschen Meteorologie rühmlichst bekannten Societas Meteorologica Palatina, der Mannheimer meteorologischen Gesellschaft einbezogen wurde. Die Beobachtungen dieser Periode fanden dann in dem Würzburger Meteorologen *Johannes Schön* einen Bearbeiter und Fortsetzer, der die Resultate geliefert hat, die bis hart an die Schwelle des 20. Jahrhunderts für die Kenntnis des Klimas von Würzburg grundlegend waren. Rühmende Erwähnung verdienen dann noch die beiden Hofgärtner des Würzburger Residenzgartens, *Anton Heller* und sein Sohn *Josef Heller*. Letzterer hat von 1850—1901, also 50 Jahre lang ununterbrochen Witterungsbeobachtungen gemacht; ein seltener Fall in der Geschichte der Meteorologie.

Die dritte Periode endlich mit staatlichem Betriebe eines meteorologischen Beobachtungsnetzes begann für Würzburg mit dem 1. Januar 1880, wo Würzburg als Station zweiter Ordnung in das Stationsnetz

Digitized by Google

des Königreichs Bayern eintrat. Auch diese Periode will ich gleichsam als Anhang noch in den Rahmen meiner Abhandlung einfügen.

Nach dieser kurzen Übersicht über die Klimatologie Würzburgs will ich mich jetzt den einzelnen Beobachtungen zuwenden. Erster Beobachter in Würzburg war der Exjesuit *Franz Huberti*, Professor der Mathematik an der Universität, geboren 1715 zu Geisenheim, gestorben am 2. Februar 1789 zu Würzburg. Seine Beobachtungen umfassen die Jahre 1765 mit 1768 und sind niedergelegt in extenso in zwei Programmen, die er zur Eröffnung seiner Vorlesungen in den Wintersemestern 1768 und 1769 herausgab unter dem Titel: „Observationes meteorologicae-thermometricae ad annos 1768 und 1769 cum nonnullis Miscellaneis philosophico-litterariis". Interessant für seine Auffassung von dem Zwecke meteorologischer Beobachtungen ist der Grund, der *Huberti* zu Witterungsbeobachtungen veranlasst hat. Er sagt darüber in den Vorbemerkungen zum Jahre 1765/66 folgendes: „Volupe philosophis est, notare, legere et inter se comparare varias, quae per orbem litterarium fiunt, observationes Meteorologicas: ac celeberrimae quidem Europae Academiae id sibi laboris sumunt, ut et in proprios et alienos usus quotannis in tabulas referant aëris et tempestatum vicissitudines; quae si crebrius atque in pluribus globi terraequei locis sedulo instituerentur, certius aliquando quidquam de ventorum natura, de frigoris et caloris indole, de causa terrae motuum, aliisque phaenomenis statui posset. Eam in rem et nos symbolam aliquam conferre coepimus, tenuem illam quidem (quod Anemoscopicae et barometricae observationes etiam nunc desint) sed meliorum subinde prodromam." Der Zweck seiner Beobachtungen ist also ein rein wissenschaftlicher: auf Grund zahlreicherer, unter sich verglichener Beobachtungen etwas Genaueres über die Natur der Winde, über das Wesen von Wärme und Kälte, über die Ursachen der Erdbeben und anderer Erscheinungen festzustellen. Von festen Beobachtungsstunden, gleicher Beobachtungsweise mit verglichenen Instrumenten weiss er noch nichts. Diese Grundsätze sind erst durch die Mannheimer Gesellschaft in ihrer Notwendigkeit erkannt und bestimmt festgehalten worden. Über seine Instrumente und die Art, wie er sie beobachtete, gibt *Huberti* folgendes an: Sein Quecksilberthermometer mit Réaumurskala, an der noch Fünftelgrade (wohl durch Schätzung) abgelesen werden konnten, hing in freier Luft gegen Osten. Dazu bemerkt *Huberti* selber, er halte es für wahrscheinlich, dass das Thermometer bei strenger Kälte um einen und den anderen Grad tiefer stehen würde, wäre es ausserhalb der Stadt

Digitized by Google

an einem freien Orte gegen Nord aufgehängt. Danach ist ihm die Temperatursteigerung, wie sie eine „Stadtaufstellung" bewirkt, nicht entgangen, auch nicht der Einfluss der Umgebung und der Aufstellung gegen Norden. Er beobachtete die Temperatur im Freien und zwar nur früh (plerumque ante ipsum solis ortum). Eine Berechnung seiner Beobachtungen hat er nicht vorgenommen. Weil die Angaben über die jedesmalige Beobachtungszeit fehlen, sind seine Beobachtungen vollkommen wertlos. Wäre die Ablesung des Thermometers immer vor Sonnenaufgang erfolgt, so hätte die Aufstellung nach Osten nichts geschadet und man hätte seine Temperaturbeobachtungen vielleicht als absolute Minima ansprechen können; aber dazu sind sie viel zu hoch. Auch die vereinzelten Angaben sehr hoher Wärme oder sehr tiefer Kältegrade haben keinen Wert. Ebenso wertlos sind seine Angaben über Regen und seit 1767 auch über Schneefall. Er notiert nur die Tage mit reichlicherem Regenfall, aber diese Reihe ist sehr schwankend: zwischen neun im Jahre 1767 und 41 im Jahre 1768. Auch die Gewitter und Hagelfälle hat *Huberti* aufgezeichnet; ferner finden sich Angaben über Stürme, Nebel und Reif. Auch mit diesen Angaben ist natürlich wenig anzufangen. In dem Monitum, das die Beobachtungen von 1767 und 1768 einleitet, gibt *Huberti* den mittleren Barometerstand von Würzburg, gewonnen aus den Beobachtungen „einiger" Jahre an zu 741.04 mm, wahrscheinlich aus rohen Werten gewonnen. Dieses Mittel ist um etwa 4 mm zu klein. Das absolute Maximum (für welche Zeit?) zu 761.3 mm und das absolute Minimum zu 720.7 mm (auch ohne Angabe der Zeit) sind ebenso unbrauchbare Werte. In den den Beobachtungen angefügten Bemerkungen physikalischen und astronomischen Inhalts findet sich auch die Länge und Breite von Würzburg nach eigenen Beobachtungen von *Huberti* berechnet. Die Längendifferenz zwischen Würzburg und Wien gibt er an zu 24′ 1″ (in Zeit) zwischen Würzburg und Paris zu 32′9″; das wäre in Graden geogr. Länge = 28° 25′ 24″[1]), die Polhöhe zu 49° 46′ 6″. Die met. Station Würzburg liegt unter 49° 48′ n. Br. und 9° 39′ 44″ ö. L. v. Gr.[2]) Überblicken wir die Beobachtungen und Angaben *Hubertis*, so wie sie vorliegen, so müssen wir zur Erkenntnis kommen, dass sie vollkommen wertlos sind und wir aus ihnen über das Klima von Würzburg so gut wie nichts entnehmen können.

[1]) Ferro 20° 23′ 9″ w. Paris; einfacher 20° w. P.
[2]) Differenz Paris—Greenwich = 2° 20′ 15″.

Digitized by Google

Trotzdem gebührt *Huberti* ein ehrenvoller Platz in der Geschichte der deutschen Meteorologie, weil er schon vor der Mannheimer Gesellschaft für die auffallendsten atmosphärischen Erscheinungen symbolische Zeichen gebraucht hat. *Hellmann* glaubt dieses Verdienst der Societas Meteorologica Palatina zuschreiben zu können, aber nicht mit Recht; denn schon *Huberti* wendet für Regen, Schnee, Gewitter und Hagel bestimmte Zeichen an: für Regen das Zeichen des Sternbildes des Wassermannes ≈, für Schnee sehr naturgemäss einen sechsstrahligen Stern, für Gewitter ein Zeichen, das dem für das Sternbild des Schützen gleicht ♐ oder auch ♂↝, einen gezackten Blitzstrahl und für Hagel ein aus je drei, zwei und einem Punkte gebildetes Dreieck ∴.

Die Beobachtungen *Hubertis* sind gleichsam die Einleitung zur zweiten Periode der Klimatologie Würzburgs. Diese trat in ein neues Stadium im Jahre 1781, indem Würzburg in das Stationsnetz der im Jahre 1780 vom Kurfürsten *Karl Theodor* von Bayern-Pfalz gegründeten Societas Meteorologica Palatina einbezogen wurde. Das bedeutete für die Klimatologie Würzburgs einen gewaltigen Schritt von den schwachen Versuchen *Hubertis* gleich zur höchsten Vollkommenheit, vollkommen wenigstens für jene Zeit.

Das Wichtigste über Bedeutung, Organisation und Ausdehnung dieser Gesellschaft, über ihre vorherrschende Stellung in der Geschichte der Meteorologie gibt schon *G. Hellmann* in seinem Repertorium[1]), so dass ich mich hier im grossen und ganzen auf das, was speziell Würzburg betrifft, beschränken kann. Erwähnen will ich aber doch, dass der Zweck dieser Gesellschaft weniger eine Erforschung der atmosphärischen Vorgänge gewesen zu sein scheint als vielmehr die Verwertung der Resultate zu praktischen Zwecken, wie *Hemmer*, der Organisator der Gesellschaft, in seiner Eröffnungsrede[2]) selber erklärt: Zu erforschen sei der Einfluss des Klimas und der Witterung auf den Organismus, auf die Vegetation und auf die Kultur. Dies tut natürlich der Bedeutung der Gesellschaft und dem Werte ihrer Beobachtungen keinen Abbruch und entsprach schliesslich auch ganz dem etwas utilitaristischen Charakter jener Zeit.

In Würzburg wurde vom 1. Januar 1781 bis 31. Dezember 1788 ununterbrochen beobachtet und zwar durch den Professor der Experimentalphysik an der Universität, *Ambrosius Egel*, geboren zu

[1]) *Hellmann*, Rep. 895 ff.
[2]) Ephemerides Soc. Pal. Met. I 22.

Digitized by Google

Mannheim am 2. Februar 1732, gestorben zu Würzburg am 2. Februar 1801. Eine Ursache des Aufhörens der Beobachtungen mit dem Jahre 1788 ist nicht aufzufinden.

Das Instrumentarium, das jede Station erhielt, bestand aus einem Barometer, einem Thermometer, einem Hygrometer und einem *Brander*schen Deklinatorium. Im ersten Bande der Mannheimer Ephemeriden (in denen die Beobachtungen aller Stationen in extenso niedergelegt sind) ist die genaue Beschreibung aller Instrumente enthalten und durch Abbildungen erläutert. Das Hauptgewicht legte *Hemmer*, der Direktor der Mannheimer meteorologischen Gesellschaft, auf die Übereinstimmung der Instrumente: „Noverat videlicet aequus quisque rerum aestimator, in diversis terrae partibus plagisque factas observationes nunquam inter se rite comparari, nec proinde satis usui esse posse, nisi instrumentis correspondentibus seu harmonicis instituerentur." So wurden alle Instrumente unter *Hemmers* Aufsicht mit allen Hilfsmitteln der damaligen Technik hergestellt, geprüft und genau untereinander verglichen. Auch die Angaben und Weisungen über Aufstellung der Instrumente sind durchaus genügend. Ob aber nicht manche der Instrumente auf der Reise Schaden gelitten haben und ob die Aufstellung auch überall den Anforderungen *Hemmers* genügte, bleibe dahingestellt.

Bei der nun folgenden kurzen Beschreibung der Würzburger Instrumente folge ich der Beschreibung, wie sie *Hemmer* im ersten Bande der Ephemeriden über das Mannheimer Instrumentarium gegeben hat, sowie den auf die Würzburger Instrumente bezüglichen Angaben *Schöns* in seiner „Witterungskunde".

Das Mannheimer Barometer war ein Gefässbarometer mit etwa 40,6 mm Gefässweite und 4,5 mm lichter Röhrenweite; Korrrektionen, die durch den endlichen Durchmesser des Gefässes und die bei diesem Röhrendurchmesser eintretende Kapillardepression bedingt gewesen wären, waren nicht angebracht. Die Kuppe wurde bei der Ablesung nicht berücksichtigt. Die Skala war in Pariser Linien à 2,2584 mm geteilt und mit einem Nonius versehen, der die Ablesung von Zehntel-Linien gestattete. In das Barometerbrett war ein Thermometer zur Bestimmung der Quecksilberwärme im Barometer eingelassen. Das Würzburger Stationsbarometer hatte aber, wie *Schön* später durch Vergleichung mit seinem Instrumente fand, einige bedeutende Mängel. In der Barometerröhre befand sich ein Knoten; die Teilstriche des Nonius verliefen nicht immer parallel mit den Teilstrichen der Skala, deren Teilung ebenfalls mangelhaft war, so dass die Differenzen, die

Digitized by Google

sich bei der Vergleichung zwischen beiden Instrumenten herausstellten, gar keine konstanten Grössen aufwiesen. Infolgedessen werden die Barometerangaben von vornherein mit einigem Misstrauen anzusehen sein.

Das zweite Instrument war ein Freiluftthermometer mit einer nach Réaumur und Fahrenheit geteilten Skala. Diese, aus altem Nussbaumholz, enthielt die Grade bis zum Siedepunkt, so dass nur ganze Grade abgelesen werden konnten; Bruchteile mussten geschätzt werden. Der Siedepunkt bezog sich auf einen Normaldruck von 27 Zoll = 730.89 mm. Das Thermometer sollte vor einem ungeheizten Zimmer, gegen Norden, möglichst geschützt auch vor strahlender Wärme, aufgehängt sein. Der Thermometertubus hatte eichelförmige Gestalt; das Holz um ihn herum war ausgeschnitten, so dass die Luft von allen Seiten Zutritt hatte. Geprüft war das Thermometer nach demselben Verfahren wie heute und es stimmte auch vollkommen mit den Instrumenten *Schöns* überein.

Zur Bestimmung der relativen Feuchtigkeit diente ein Federkielhygrometer, erfunden von dem Arzte *Reetz* (*Recius*) in Arras und von ihm beschrieben in seiner Schrift: „Météorologie appliquée à la médecine et à l'agriculture". Es war nach eingehender Prüfung als das beste von *Hemmer* gewählt worden. Dieses Hygrometer beruhte auf dem hygroskopischen Verhalten des Federkieles, der sich bei Feuchtigkeit ausdehnt und bei Trockenheit zusammenzieht. Ein unversehrter und gut gereinigter Gänsefederkiel war unten fest verschlossen, mit Quecksilber gefüllt und mit einer Glasröhre nach Art einer Thermometerröhre fest verbunden. Dehnt sich nun das Quecksilber bis in die Röhre hinauf aus, so ist das ein Zeichen, dass die Trockenheit, die den Federkiel zusammenzieht, zunimmt; und umgekehrt, das Quecksilber fällt in der Röhre, wenn der Federkiel sich in der Feuchtigkeit ausdehnt. Die Röhre war wie eine Thermometerröhre geteilt und so zeigten die kleineren Zahlen bei den Hygrometerangaben grössere Feuchtigkeit und die grösseren Zahlen grössere Trockenheit an. Die Skala der Mannheimer Hygrometer war so eingeteilt, wie es *Reetz* vorgeschlagen hatte. Er fand diese Skala so: den Raum zwischen zwei festen Punkten, die er am Hygrometer notierte, nachdem er es in schmelzendes Eis und dann in warmes Wasser von + 25° R. getaucht hatte, teilte er in fünf gleiche Teile, die nach oben und unten weiter fortgesetzt werden konnten. Er hatte nämlich die Beobachtung gemacht, dass das mit dem Hygrometer ins Wasser getauchte Thermometer beim Erkalten des Wassers

Digitized by Google

um den fünffachen Betrag der Grösse fiel, um welchen das Hygrometer gefallen war. Es hätten also fünf Thermometergrade einem Hygrometergrade entsprochen. Obgleich nun *Hemmer* dieses Resultat bei seinen Hygrometern nicht erhalten konnte, so wurde doch bei den Mannheimer Hygrometern diese Skalenteilung beibehalten.

Schön spricht sich in seiner Witterungskunde ziemlich günstig über diese Federkielhygrometer aus: Er meint, man habe aus diesen Beobachtungen ziemlich übereinstimmende Resultate erhalten, was deren relativen Wert bekunde. Aber das war eben aus seiner Zeit heraus gesprochen, die überhaupt ein unseren Anforderungen einigermassen entsprechendes Hygrometer nicht kannte. Die oben erwähnte willkürliche Einteilung, die empfindliche Art des Instrumentes, ihre Nichtübereinstimmung, die auch *Hemmer* zugab, machen die Hygrometerangaben ganz wertlos. Es verlohnt sich infolgedessen nicht, näher auf diese Beobachtungen einzugehen, und so habe ich ganz darauf verzichtet, die Hygrometerbeobachtungen in den Kreis meiner Betrachtung zu ziehen.

Der Mannheimer Regenmesser, wie ein solcher auch in Würzburg in Gebrauch war, bestand im wesentlichen aus zwei Gefässen, einem Auffanggefäss aus Messing mit etwa sechs Zoll Tiefe und vier Pariser Quadratfuss Grundfläche. Er übertraf also mit 4221 qcm ganz bedeutend unsere bayerischen Regenmesser, die nur 500 qcm Öffnungsweite haben. Allerdings war dann auch beim Mannheimer Regenmesser die Gefahr sehr gross, dass Wasser vom Wind herausgeschleudert wurde. Dann kam dazu ein Messgefäss, dass drei Zoll hoch war und neun Qudratzoll (65.95 qcm) Grundfläche hatte. Da somit die Grundfläche des Masses 64 mal kleiner ist als die Auffangfläche, so muss jedesmal die abgelesene Regenmenge durch 64 dividiert werden. In Mannheim war der Regenmesser auf einem der Schlosstürme aufgestellt, was schon wegen der Windwirkung eine zu geringe Regenmenge ergeben musste. Über den Würzburger Regenmesser wissen wir sonst nichts. Gemessen wurde nur einmal des Tages um 2 Uhr nachmittags, was wohl auch einen kleinen Verlust durch Verdunstung zur Folge hatte. Schnee, Hagel und Graupeln wurden geschmolzen und das Schmelzwasser ebenfalls gemessen.

Zur Messung der Verdunstung diente ein Atmidometer, ein kubisches, bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser gefülltes Gefäss aus Messing, welches der Sonne und der freien Luft ausgesetzt war, aber doch so aufgestellt wurde, dass das Gefäss vom Winde weder umgeworfen noch Wasser herausgeschleudert werden

Digitized by Google

konnte. Nach der Ablesung wurde wieder soviel Wasser nachgegossen, als verdunstet war. Hatte es geregnet, so wurde die Höhe des Regenwassers natürlich vorher abgezogen. Dieser Verdunstungsmesser, der bei Temperaturen unter Null gar nicht arbeitete, hat so viel Mängel an sich, dass seine Angaben ganz unbrauchbar sind. Auf Vergleichbarkeit können sie keinen Anspruch erheben. Und sie zu verallgemeinern war auch sehr gewagt; denn dann hätte es in Würzburg Jahre gegeben, wo mehr Wasser verdunstete als überhaupt auf den Erdboden fiel. In Würzburg war der Verdunstungsmesser an einem wenig erhöhten Orte angebracht. *Schön* hat sich ebenfalls wenig anerkennend über diese Verdunstungsmesser ausgesprochen: „Sowohl die Lage eines Erdortes als insbesondere der Standort des Verdunstungsmessers, das übrige gleichgesetzt, müssen bedeutende Differenzen hinsichtlich der Grösse der Verdunstung erzeugen.“ — „Genau korrespondierende Beobachtungen sind daher über dieses Element der Witterung schwer zu erhalten.“ Der Verdunstungsmesser hat sich aber bis in die Mitte der 70er Jahre des 19. Jahrhunderts in Würzburg im Gebrauch erhalten.

Beobachtet wurde ferner von der Mannheimer Gesellschaft die Windrichtung. Sie wurde nach 16 Strichen geschätzt oder mit einer Windfahne bestimmt. Auch die Stärke des Windes sollte nach fünf Graden bestimmt werden; 0 bedeutet vollkommene Windstille; 1 bewegt gerade die Blätter der Bäume; 2 bewegt die kleinen Zweige; 3 die grösseren Äste; 4, die höchste Stufe, war Sturm, der Zweige abreisst und Bäume entwurzelt. Gewöhnlich wurde wie in Würzburg überhaupt nur die 4. Stufe angegeben.

Auch die Wolkenbedeckung wurde beobachtet und diese wurde ausgedrückt durch Zeichen, die *Hemmer* eingeführt hatte. Die Mannheimer Gesellschaft hatte sechs solcher Zeichen:

1. ⊙ = coelum ex omni parte serenum = ganz wolkenlos;
2. -⁘- = nubes rarissimae hinc inde dispersae = ganz vereinzelte Wolken;
3. —≡ = nubes rariores = vereinzelte Wolken;
4. ═ = coelum nubes inter et caeruleum calorem ex aequo divisum = halbbedeckt;
5. ≡— = nubes maiori coeli parti inductae sive continuae sint sive disiunctae et quasi pertusae = zu $^3/_4$ bewölkt;
6. ═ ═ = coelum totum nubibus tectum = ganz bedeckt.

Beobachtet und aufgezeichnet wurden noch die Tage mit Regen, Schnee, Hagel, Graupeln und die Tage mit Reif, Nebel; ferner die

Digitized by Google

Gewittertage (auch wenn keine Niederschläge gefallen waren), der Pegelstand der Flüsse und Seen in der Nähe der Station (was in Würzburg nur ein Jahr lang geschah). Die Schwankungen der Magnetnadel wurden an einem von *Brander* in Augsburg gefertigten Deklinatorium gemessen, doch fallen diese Beobachtungen ausserhalb des Rahmens meiner Aufgabe.

Für die Beobachtungen waren die Stunden 7 h Morgen, 2 h Mittag und 9 h Abend festgesetzt, alles natürlich nach Ortszeit. Die Beobachter waren von *Hemmer* dringend ersucht, die festgesetzten Stunden einzuhalten und die symbolischen Zeichen für die einzelnen atmosphärischen Erscheinungen zu benützen. Die Beobachtungen waren entweder jeden Monat, alle Vierteljahre oder alle Halbjahre einzusenden; die ersten zugleich mit einer eingehenden Beschreibung der Station und der Aufstellung der Instrumente.

Beobachtungen phänologischer Art, wie sie *Hemmer* auch gewünscht hatte, wurden in Würzburg nicht gemacht.

Das wäre das Wichtigste über das Instrumentarium und den Beobachtungsmodus der Station Würzburg. Überblicken wir das Gesagte, so müssen wir *Hemmer* das Zeugnis ausstellen, dass er alles getan hat, was einen guten Erfolg des ganzen Unternehmens erwarten liess. An der Aufstellung und Beobachtung der Instrumente hat auch die moderne Meteorologie nichts Wesentliches geändert. Die Instrumente nur sind technisch vollkommener und zuverlässiger geworden; die Organisation des Beobachtungsnetzes ist noch straffer geworden; aber es ist eben das Verdienst *Hemmer's*, die Meteorologie auf diese Bahnen, die allein Erfolg verheissen konnten, gelenkt zu haben. *Schön* spricht sich in Worten hoher Anerkennung über die Mannheimer Gesellschaft aus: „Zwar kann man den Zeitgenossen den Vorwurf nicht machen, als vernachlässigten sie diesen so nützlichen Zweig der Beobachtung und Forschung (die Meteorologie) . . ., aber es fehlt ein wirksamer, die zerstreuten Kräfte sammelnder und zweckmässig belebender Mittelpunkt oder, mit anderen Worten, es fehlt eine Gesellschaft, wie sie *Karl Theodor* mit fürstlicher Freigebigkeit zu Mannheim gegründet hatte.“ „Und noch im Jahre 1839 sprach *Heinrich Dove* den Wunsch aus, dass von einer wissenschaftlichen Gesellschaft eine erschöpfende Ausnützung des in den Mannheimer Ephemeriden aufgespeicherten Materiales ins Werk gesetzt werde“ (nach *Hellmann*).

Gehen wir über zu den Beobachtungen, soweit sie Würzburg betreffen. Sie reichen, wie schon erwähnt, vom 1. Januar 1781 bis

Digitized by Google

zum 31. Dezember 1788 und sind niedergelegt in den ersten acht Bänden der „Ephemerides Societatis Meteorologicae Palatinae". Die Einleitung der Beobachtungen von Würzburg bildet eine Beschreibung der Station (situs et ingenium loci), die allerdings etwas kümmerlich ausgefallen ist. Ihr Inhalt ist kurz folgender: Die Stadt liegt in einer Talebene, rings von Bergen mittlerer Höhe eingeschlossen, die fast überall mit Weinbergen bedeckt sind. Nur der Main verursacht eine Unterbrechung dieser Hügelkette. Die Stadt überragt Berg und Feste Marienberg, vorzüglich geeignet zur Beobachtung der Luftelektrizität. Die geographische Breite beträgt 49° 46' 6" N (vgl. *Huberti*), die geographische Länge — Differenz Würzburg—Paris 7° 53' 45" — = 27° 53' 45" O *v. Ferro*. Die Höhe des Beobachtungsortes über dem mittleren Niveau des Maines beträgt etwa 30 Fuss. Über die Aufstellung der Instrumente sagt der Beobachter *Egel* gar nichts; er hielt Mitteilungen darüber wohl für überflüssig, da er den Vorschriften *Hemmers* darin genüge getan zu haben glaubte.

Die Beobachtungsreihen sind mit sehr geringen Ausnahmen vollständig. Nur für das Jahr 1784 fehlen die Regenmengen überhaupt. Kleinere Lücken zu interpolieren, habe ich unterlassen. Für die Jahre 1787 und 1788 wurden — wegen Geldmangel — die Barometer-, Hygrometer- und Verdunstungsbeobachtungen nicht veröffentlicht. Das Äussere der Beobachtungen ausführlich zu beschreiben, halte ich für überflüssig, da das Wichtigste bei der Berechnung der Beobachtungen doch erwähnt werden muss. Die eingesandten Beobachtungen wurden von den beiden Mannheimer Astronomen *Mayer* und *König* berechnet und diese Berechnungen als Appendix den einzelnen Bänden der Ephemeriden beigefügt. Diese Appendices mit den monatlichen und jährlichen Mitteln und Werten interessieren uns natürlich am meisten. Es sei aber gleich im voraus bemerkt, dass diese Berechnungen der Monats- und Jahresmittel (Consectaria menstrua et annua) nicht immer mit der wünschenswerten Genauigkeit und Gleichmässigkeit angestellt wurden, so dass sie nicht ohne weiteres verwendbar sind. Betreffs der Zusammenstellung und des Gesamtinhalts dieser Consectaria verweise ich einfach auf irgend einen Band der Ephemeriden. Die einzelnen Rubriken aufzuzählen, wäre zu umständlich. Die Berechnungen fehlen nur für das Jahr 1782. In manchen Jahren ist ein verschiedenes Berechnungsverfahren eingeschlagen worden, was einer unmittelbaren Verwertung der Consectaria im Wege steht. Auch bei Würzburg ist dies der Fall. Als ich z. B. einige mir verdächtige Thermometermittel an der Hand

Digitized by Google

der in extenso vorliegenden Beobachtungen nachrechnete, zeigte es sich, dass sie wirklich nicht stimmten. Ja noch mehr! Die Thermometermittel waren gar nicht alle nach der Formel $\left(\frac{7+2+9}{3}\right)$ berechnet, sondern hier und da fanden sich bei Würzburg Monatsmittel, die ohne ersichtlichen Grund und ohne dass es angegeben war, nach der Formel $\left(\frac{7+2+9+9}{4}\right)$ berechnet waren. Einzelne fehlende Beobachtungen wurden nicht berücksichtigt, so dass das Mittel natürlich zu klein wurde. Auch bei Angabe der Maxima und Minima fanden sich Fehler, die dann auch in die Tabellen *Schöns* übergingen. Die Windrichtungen sind für das Jahr 1781 von 16 Strichen auf 8 in der Weise reduziert, dass den vier Haupthimmelsrichtungen auch die benachbarten Zwischenhimmelsrichtungen zugezählt wurden, also zu N noch NNO und NNW gehören. Die Summen der Windrichtungen stimmten sehr oft nicht mit den Summen der Einzelbeobachtungen überein; einmal betrug die Differenz sogar 17! Auch in Bezug auf die Klassifizierung der Bewölkung herrscht keine Gleichmässigkeit. *Hemmer* hatte bestimmt, dass unter die heiteren Tage die zu zählen seien, die dreimal oder wenigstens zweimal das Zeichen ☉ (= wolkenlos) aufwiesen; die Tage, die dreimal oder wenigstens zweimal das Zeichen ☰ (ganz bedeckt) hätten, sollten unter die bedeckten, die übrigen unter die veränderlichen gerechnet werden. Aber *Hemmer* hat sich bei Mannheim selbst nicht an seine Vorschrift gehalten. Schon 1783 werden die Windrichtungen wieder nach 16 Strichen angegeben; in der Zusammenfassung der Himmelsbedeckung (coeli facies) herrscht ein wirres Durcheinander. Bald werden nur Tage, die dreimal das Zeichen ☉ aufweisen, unter die heiteren Tage gezählt, bald wird wieder die Vorschrift *Hemmers* befolgt. So kann es vorkommen, dass in demselben Jahre Tage, die ☉ ☉ ☲ (2 mal heiter + ¾ bedeckt) aufweisen, zu den heiteren gezählt werden, dagegen wieder Tage, die ☉ ☉ ☁ (2 mal heiter + ganz vereinzelte Wolken) aufweisen, zu den veränderlichen. Betreffs der Regenmengen klagt schon *Schön*, dass kein einheitliches Mass durchgeführt war. Die Regenmengen wurden gewogen und in ganzen oder 64 tel-Linien oder in ganzen und 10tel-Linien angegeben oder die ganzen Linien wurden aus den 64tel- und 10tel-Linien überhaupt nicht ausgezogen. Abgesehen vom Gewichte sind in Würzburg alle angegebenen Ausdrucksarten vertreten und das Mass ist leider nicht immer angegeben, so dass man durch mühselige Kalkulierung erst herausbekommen muss, was die

Digitized by Google

betreffende Zahl wohl bedeutet. Das Rechnungsverfahren ist wenigstens das Jahr hindurch unverändert geblieben, sonst wären die angegebenen Werte überhaupt unverständlich.

Wollte ich unter solchen Umständen nicht auf eine Prüfung der Beobachtungen verzichten, so blieb mir nichts anderes übrig, als für Würzburg das ungeheure Material nochmals zu berechnen; eine sehr mühselige Arbeit, wenn man bedenkt, dass es sich um eine Berechnung der Beobachtungen sämtlicher klimatischer Faktoren für den Zeitraum von 8 Jahren handelt; aber das war erst die Hälfte der Arbeit; es fehlte den neuen Werten noch die notwendige Vergleichbarkeit, weniger mit anderen Stationen des Mannheimer Netzes (deren Ergebnisse sind, Mannheim ausgenommen, meist selbst nicht mehr wert wie die Würzburger) als vielmehr mit den heutigen Beobachtungen. Ich musste daher noch alle Angaben in moderner Weise, nach den heute bei Berechnung klimatologischer Beobachtungen gültigen Regeln berechnen, um durch Vergleichung mit den neueren Resultaten überhaupt eine Einsicht in den Wert oder Unwert der Beobachtungen zu erhalten. Im allgemeinen habe ich mich bei Aufstellung der neuen Tabellen an die Art der Abhandlung über „67jährige Beobachtungen in München" gehalten. Denn auch München war Station der Mannheimer Gesellschaft.

Die Barometerbeobachtungen in Pariser Zoll und Linien sind ohne Wärmekorrektion. *Hemmer* erwähnt dies ausdrücklich[1]: „Reductiones barometri ob diversum mercurii calorem nullae adhibitae sunt". Die zum Gebrauche der Mannheimer Gesellschaft bestimmten Reduktionstafeln von Guarinus *Schlögl*: „Tabulae pro reductione quorumvis statuum barometricorum ad normalem quendam caloris gradum publico usui datae" erschienen erst 1787. Mit Hilfe dieser *Schlögl*'schen Tafeln nahm ich dann die Reduktion der Barometerbeobachtungen auf 0° vor und verwandelte die gewonnenen Werte unter Benützung der *Jelinek*schen Tafeln in mm. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind niedergelegt in Tabelle 1 (monatliche und jährliche Barometer-Maxima und Minima) und Tabelle 2 (Monats- und Jahresmittel des Luftdrucks). Für 1787 und 1788 konnte ich diese Wärmekorrektur jedoch nicht anbringen, weil sowohl die Barometer- wie die Thermometerbeobachtungen fehlen und nur die Mittelwerte in den Appendices angegeben sind.

Auch die Thermometerbeobachtungen wurden sämtlich neu be-

[1]) Ephemerides Soc. Met. Pal. I Append. 24.

Digitized by Google

rechnet und zwar nach der Formel $\left(\frac{7+2+9}{3}\right)$ wie nach der Formel $\left(\frac{7+2+9+9}{4}\right)$, nach der ja auch in Bayern seit 1. Januar 1901 die Temperaturmittel berechnet werden. Die neuen Werte wurden natürlich in Celsiusgrade verwandelt. Zum Vergleiche habe ich auch die Mannheimer Temperaturmittel nach den beiden Formeln neu berechnet. (Tabellen 3, 4, 5 des Anhanges).

Auch die Windrichtungen sind ganz neu nach den Beobachtungen in extenso berechnet worden. Die 16 Striche wurden in der Weise auf 8 reduziert, dass die halbe Summe einer Zwischenhimmelsrichtung zur vorangehenden, die andere Hälfte zur nächstfolgenden Hauptrichtung gezählt wurde. War die Zahl der Zwischenhimmelsrichtungen eine ungerade, so wurde der Rest 1 noch der Richtung beigezählt, die ohnehin schon die grössere Summe aufwies, also z. B.: S = 29; SSW = 13; SW = 40; reduziert S = 29 + 6, SW = 40 + 6 + 1. Die so gewonnenen Summen wurden dann auf hundert Beobachtungen im Monat reduziert. Die Werte enthält Tabelle 6 des Anhangs. Die Quersumme aller Windrichtungen eines Monats ist 100, eines Jahres = 1200. Da in den Consectaria annua sich auch eine Rubrik ventus dominans befindet, in der die am häufigsten wehenden Winde mit ihrem Namen in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit verzeichnet sind, so habe ich auch die jährliche Verteilung der Windrichtungen berechnet und der Vollständigkeit wegen, obwohl in den Ephemeriden nichts davon enthalten ist, auch noch die Verteilung der Windrichtungen nach Monaten in der Periode 1781—1788.

Was die Wolkenbedeckung (coeli facies) anlangt, so lag es in der Natur der verwendeten symbolischen Zeichen, dass hier keine Monats- und Jahresmittel der Bewölkung berechnet wurden. Nur die Monats- und Jahressumme der dies sereni, nubili und varii, auf die oben geschilderte Weise berechnet, sind angegeben. Auch ich habe nun versucht, diese Zeichen durch Zahlen auszudrücken und verweise ich daher wiederum auf die Arbeit von *Lang* und *Erk* über „67jährige Beobachtungen in München“, wonach ⊙ durch 0, —⊖— und —⊜— durch 1, = durch 2, ⊜— durch 3 und = = durch 4 ausgedrückt wurde. Da aber heutzutage die Wolkenbedeckung nach Zehntelteilen des ganzen sichtbaren Himmels gemessen wird, so versuchte ich diese vier- oder vielmehr fünfteilige Skala in die zehnteilige umzuwandeln und zwar nach der Proportion 10 : 4 = 5 : 2. Ich brauchte also nur die nach *Erk* gewonnene Zahlen mit $\frac{5}{2}$ zu vermehren, um die Bewölkung

Digitized by Google

in Zehntel-Teilen ausgedrückt zu erhalten. (Tabelle 9 des Anhangs; Monats- und Jahresmittel der Bewölkung.)

Schwieriger war die Sache schon bei Berechnung der heiteren und trüben Tage. Die aus den Appendices genommenen Werte waren aus den oben angegebenen Gründen unbrauchbar und selbst wenn sie brauchbar waren, konnten sie mit den heutigen Werten nicht verglichen werden wegen der verschiedenen Art der Berechnung. Nach *Hemmers* Vorschrift sind heitere Tage, durch die obigen Ziffern ausgedrückt, diejenigen, deren Bewölkungssumme 3 nicht übersteigt; nach der heutigen Berechnung Tage, deren Bewölkungssumme 5 (von 30) nicht übersteigt. Für trübe Tage ist nach *Hemmer* untere Grenze 8 (von 12), nach der modernen Berechnung 25 (von 30). Wenn wir uns nun erinnern, dass zwischen der modernen zehnteiligen Skala und der vierteiligen Mannheimer das Verhältnis 5 : 2 besteht, so erkennen wir, dass die beiden Berechnungsarten in keinem Verhältnis zu einander stehen. Um nun die Zahl der heiteren und der trüben Tage nach heutiger Berechnung zu erhalten, setze ich folgende Proportion an:

$$30 : 12 = 15 : x,$$

wobei 30 die höchste Bewölkungssumme eines Tages nach zehnteiliger Skala, 12 die höchste Bewölkungssumme eines Tages nach vierteiliger Skala (dreimalige tägliche Beobachtung vorausgesetzt) bedeutet; 25 ist die untere Grenze nach zehnteiliger Skala; dann ist $\frac{12 . 25}{30} = x = 10$ die unterste Grenze nach der vierteiligen Mannheimer Skala. Also diejenigen Tage, deren Bewölkungssumme zehn und darüber beträgt, gehören zu den trüben Tagen. Für die heiteren Tage gilt folgende Proportion: $30 : 12 = 5 : x$; 5 ist hier die oberste Grenze für heitere Tage nach der zehnteiligen Skala; dann ist $\frac{12.5}{30} = x = 2$ die obere Grenze der Bewölkungssumme für heitere Tage nach der vierteiligen Skala. Nach dieser Methode habe ich die heiteren und trüben Tage neu berechnet.

Die monatlichen und jährlichen Regenmengen mussten teilweise aus 64tel-Linien in 10tel-Linien umgerechnet werden, die dann mit Hilfe der Tafeln von *Jelinek* in mm umgerechnet wurden.

Nachgezählt und verbessert wurde ferner die Zahl der Niederschlagstage, der Tage mit Schnee und Gewitter.

Nachdem so alle Angaben in den Appendices umgerechnet waren, konnte ich an eine Prüfung der gewonnenen Resultate herangehen. Aber

Digitized by Google

mit dieser Prüfung hatte es ebenfalls seinen Haken. Während heutzutage die Beobachtungen einer Station nach dem *Dove-Lamont*schen Prinzip zur Prüfung mit einer Nachbarstation oder mit einer Normalstation verglichen werden, ist ein solches Zurückgehen auf eine Normalstation ziemlich aussichtslos und bei näherem Zusehen eigentlich auch überflüssig. Eine solche Normalstation könnte höchstens Mannheim sein. Aber dann fehlen uns für Würzburg die entsprechenden Beobachtungen, um eine Normalperiode herzustellen. Ich habe mich also darauf beschränken müssen, Vergleiche mit den neueren Werten anzustellen, wenn dies auch meteorologisch nicht ganz korrekt ist. Nur die gleichzeitigen Temperaturmittel und Regenhöhen von Mannheim für die Jahre 1781—1788 habe ich zum Vergleich mit den Würzburger Werten neu berechnet und verwendet.

Betrachten wir zunächst die Barometermittel! *Egel* gibt an, dass sein Beobachtungszimmer dreissig Fuss über dem mittleren Mainwasser-Niveau sich befinde. Leider gibt er die Höhe der Linie über dem Meere nicht an. Setzen wir sie nach dem heutigen Werte zu rund 166 m an, so erhalten wir 175.7 m; das wären ca. 4.0 m unter dem Quecksilberniveau des Stationsbarometers der meteorologischen Station Würzburg. Die mittlere jährliche Barometerhöhe für Würzburg beträgt nach 20jährigen Beobachtungen 1881—1900 aber 746.3 mm. Allerdings ist dieses Mittel aus der Kombination $\left(\frac{8+2+8}{3}\right)$ gewonnen; aber der Unterschied zwischen den Werten aus dieser und denen aus der Kombination $\left(\frac{7+2+9}{3}\right)$ ist ein so geringfügiger, dass er nicht ins Gewicht fällt. Das Barometermittel aus den sechs Jahren 1781—1786 ist also mit 741.5 mm zweifellos um mindestens 4 mm zu niedrig. Das jährliche Mittel ging in dem ganzen Zeitraum 1881—1900 kein einziges Mal unter 745 mm hinunter. Zeigen die Jahresmittel der Periode 1781—88 zu niedrige Werte, so ist dies natürlich bei den Monatsmitteln und bei den aus Terminbeobachtungen gewonnenen Extremwerten auch der Fall.

Die Schuld an dieser Wertlosigkeit der Barometermittel liegt wohl zum Teil an den oben erwähnten Fehlern des Instrumentes. Möglicherweise ist es auch auf dem Transporte von Mannheim nach Würzburg beschädigt worden.

Sind die Barometermittel zu niedrig, so sind umgekehrt die Thermometermittel zu hoch (vergl. die Tabellen des Anhangs). Eine Vergleichung der Würzburger Mittel mit den Mannheimern

Digitized by Google

ergibt, dass, allein das Jahr 1781 ausgenommen, Würzburg wärmer ist als das bedeutend tiefer im wärmeren Rheintal gelegene Mannheim. Die Differenzen der Mittel weisen für Mannheim fast durchweg negative Werte auf. Da wenigstens die Mannheimer Temperaturmittel zuverlässig sein dürften, so habe ich nach dem Hannschen[1]) Verfahren eine Prüfung der Temperaturmittel von Würzburg durch Bildung der Differenzen mit den Mannheimer Mitteln durchführen können. Danach wäre Würzburg im Durchschnitt um 0.6° wärmer als Mannheim, während es in Wirklichkeit um etwa 1° kühler ist als dieses. Eine Temperatur von über 10° C, wie sie Würzburg in den sechs Jahren 1781—1786 fünfmal aufweist, ist im Zeitraum 1881—1900, wo noch dazu die Kombination 8.2.8 im Gebrauch war, kein einziges Mal vorgekommen und 1904 betrug das Jahresmittel trotz des heissen Sommers nur 9.55°. Es ist also klar, dass auch die Würzburger Temperaturmittel wertlos sind. Aus dieser Überschätzung entsprang wohl die Meinung, dass Würzburg eine der heissesten Städte in Deutschland sei. Die Ursache der hohen Temperaturangaben lag nicht im Instrumente selbst (denn das stimmte später durchaus mit denen *Schöns* überein, sondern wohl in der ungenügenden Aufstellung des Thermometers, indem es vielleicht zu sehr der strahlenden Wärme ansgesetzt war.

Noch schlimmer als mit den Barometer- und Thermometermitteln steht es mit den monatlichen und jährlichen Regenmengen für Würzburg. Die Jahresmengen hat *Schön* neu berechnet und seine Werte stimmen mit den von mir berechneten vollkommen überein. Für 1784 fehlen leider die Beobachtungen; gerade in diesem Jahre war das gewaltigste Hochwasser, das die Stadt je erlebt hat. Auffällig an den Jahresmengen ist das Unkonstante der Werte; von 1781—1788 bewegen sich die absoluten Extreme zwischen 283.6 mm und 771.1 mm; die absolute Schwankung beträgt also 488.5 mm. Für 1881—1900 bewegen sich die jährlichen Extreme zwischen 832.8 (1882) und 444.2 mm (1887); die absolute Schwankung beträgt also nur 388.6 mm. Vergleichen wir damit Mannheim, das ungefähr die gleiche mittlere Regenmenge wie Würzburg hat, so fällt dieses Sprunghafte sofort weg. Hier haben wir als Maximum 671.4 mm, als Minimum 485.0, Differenz also 186.4 mm. Überhaupt weist Mannheim gegenüber Würzburg, wie ein Blick auf die Tabelle zeigt, viel gleichmässigere Werte auf als Würzburg. Für Würzburg beträgt die

[1]) *J. Hann*, Temperaturverh. der österr. Alpenländer.

Digitized by Google

mittlere Jahressumme im Zeitraum 1781—1788 437.9 mm, für 1881 bis 1900 566.0 mm. Natürlich sind auch die Monatssummen viel zu niedrig. Einen bestimmten Grund für die auffallende Niedrigkeit der Würzburger Regenmengen anzugeben, ist nicht möglich. Da man erst in neuerer Zeit auf die Bedeutung von Konstruktion und Aufstellung der Regenmesser aufmerksam geworden ist, so kann man in die Regenangaben der Mannheimer Ephemeriden an sich schon nicht viel Vertrauen setzen; denn die meisten Regenmesser waren wohl nach *Hemmers* Beispiel in ziemlicher Höhe aufgestellt und lieferten schon deswegen zu geringe Werte. Auch die Mannheimer Regenmengen dürften etwas zu niedrig sein. Die kleinsten Regenmengen unter 0,5 mm oder starker Taufall sind wohl überhaupt nicht gemessen worden. Bei nur einmaliger Ablesung ist wohl auch ziemlich viel Regenwasser wieder verdunstet. Nach dem Vorausgehenden lässt sich erwarten, dass auch die Zahl der Tage mit Niederschlägen zu gering ausfällt. Es werden alle Tage fehlen, die weniger als 1 mm Regenfall aufweisen und diese Vermutung bestätigt sich, wenn wir die Einzelbeobachtungen daraufhin untersuchen. Infolgedessen erscheint die Zahl der Tage mit Niederschlägen viel zu gering im Vergleiche zu dem Mittel für 1881—1900; 1781—88: 126; 1881—1900: 172. Nehmen wir aber aus der letzteren Periode auch nur die Tage mit etwas ausgiebigerem Regen, also über 0.5 mm, so stimmen dann die Zahlen gut miteinander überein. Anders steht die Sache begreiflicherweise auch mit den Schnee- und Gewittertagen. Diese Erscheinungen sind leicht wahrzunehmen und aufzuzeichnen. Infolgedessen finden sich bei diesen keine Unregelmässigkeiten. Das Jahresmittel der Schneetage beträgt für die Periode 1781—1788 29 Schneetage, für 1881—1900 28. In der Zeit von 1781—1788 gab es durchschnittlich jährlich 14 Gewittertage, von 1881—1900 betrug das Jahresmittel 14.7 Tage.

Die Art und Weise, wie ich die Windrichtungen berechnete, habe ich oben auseinandergesetzt. Die Tabellen zeigen deutlich das Vorherrschen westlicher Winde zu allen Jahreszeiten. Doch sind die Tabellen nur mit den Münchnern derselben Zeit streng zu vergleichen, nicht mit den neueren Werten, weil eigentümlicher Weise in den Ephemeriden keine Windstillen aufgezeichnet sind, die für Würzburg nach den Reihen 1881—1900 keine unbeträchtliche Rolle spielen.

Die Berechnung der Bewölkung ist ebenfalls schon kurz erläutert worden. Hier stimmen die Mittel der Bewölkung für beide Perioden

Digitized by Google

vollkommen überein. 1781–1788 Jahresmittel 6.8, 1881–1800 Jahresmittel 6.8. Im Mittel sind also 68 Prozent des Würzburger Himmels ständig bewölkt. Betrachten wir die Verteilung der Bewölkung über die einzelnen Monate, so haben wir das Maximum der Bewölkung in den Monaten Februar bis April, ein zweites in den Monaten August bis Oktober. Zu den am meisten bewölkten Monaten gehören November, Dezember und Januar — der Würzburger Regenwinter — und nach ihnen Mai, Juni und Juli.

Im Zusammenhang damit steht natürlich die Zahl und die Verteilung der heiteren und trüben Tage. Ihre Zahl ist von Jahr zu Jahr grossen Schwankungen unterworfen, so dass ein Vergleich mit den neueren Werten nicht statthaft ist. Wohl aber ist die Verteilung über das Jahr entsprechend den heutigen Verhältnissen. Wir haben die meisten trüben Tage im Dezember und Januar, die meisten heiteren Tage im Mai und September.

Die Zahl der Tage mit Nebel erscheint viel zu niedrig, wohl weil nur die Tage als Nebeltage gezählt wurden, welche an allen drei Beobachtungsstunden Nebel aufwiesen.

Das ist der Umfang der Beobachtungen, soweit er Würzburg betrifft. Wie die obigen Ausführungen ergeben haben, ist ihr Wert nicht allzuhoch anzuschlagen. Man kann fast sagen, dass diejenigen Beobachtungen noch die besten Resultate lieferten, die ohne Zuhülfenahme von Instrumenten gemacht wurden. Es sind leider gerade die, welche für die Klimatologie weniger Bedeutung besitzen. Aber gerade die sehr fragwürdigen Thermometerbeobachtungen sind bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts hinein allgemein anerkannt geblieben.

Eine unmittelbare Förderung unserer Kenntnis des Würzburger Klimas haben die Beobachtungen nicht bewirkt. Sie wurden vergessen und erst fast drei Jahrzehnte später wieder ans Licht gezogen. Schuld an dieser Erscheinung war die französische Revolution und die Napoleonische Zeit, welche verhinderten, dass das ungeheure von der Mannheimer Gesellschaft angesammelte Material verwertet und für die Wissenschaft fruchtbringend gemacht wurde. Auf die Zeit höchsten Aufschwunges in der Meteorologie folgte eine Zeit tiefsten Verfalls, wo niemand Musse zu Beobachtungen fand, geschweige denn, dass eine neue, grossartige meteorologische Gesellschaft der Societas Palatina nachgefolgt wäre. Es hat viele Jahrzehnte gedauert, bis wieder meteorologische Organisationen ins Leben traten, und eine Organisation, welche wie die Mannheimer Gesellschaft sogar über die

Digitized by Google

Grenzen von Europa weit hinausgreift, ist eigentlich jetzt erst wieder in der Bildung begriffen. Es ist schliesslich weniger der grössere oder geringere Wert des Materiales, der die Mannheimer Gesellschaft zu einem Markstein in der Geschichte der Meteorologie macht, als vielmehr der organisatorische Gedanke, den sie als Erbe den Nachkommen hinterliess. Sie haben das Erbe spät angetreten.

Wenn auch der absolute Wert der Würzburger Beobachtungen ein sehr geringer ist, so konnten doch auf ihnen relativ richtige Resultate und Schlüsse aufgebaut werden. Dies gilt nicht nur für Würzburg sondern auch für andere Stationen. Nur so ist es erklärlich, dass später *Schön, Kämtz* und *Dove* auf das Material der Mannheimer Ephemeriden gestützt, richtige Resultate aus ihnen ableiten konnten. So ist auch der Charakter des Klimas von Würzburg schon mit ziemlicher Sicherheit zu erkennen, wie wir später noch bei *Johannes Schön* sehen werden.

Bevor ich aber zu diesem übergehe, muss ich kurz noch eines anderen Würzburger Beobachters gedenken. Es ist dies *Philipp Joseph Horsch*, geboren 1772, gestorben 22. Januar 1820 in Würzburg. Er war praktischer Arzt, Gefängnis- und Spitalarzt in Würzburg und wurde schliesslich Professor der Medizin an der Universität.

Schon *Hemmer* hatte für Mannheim den Versuch gemacht, in den Ephemeriden eine medizinische Statistik der Bevölkerung, Morbiditäts- und Mortalitätstabellen zu liefern, überhaupt den Zusammenhang von Witterung und Morbidität nachzuweisen. Es entsprach dies ja auch den Gedanken, die er in seiner Eröffnungsrede zum Ausdruck gebracht hatte, nämlich die Meteorologie in den Dienst der Menschheit zu stellen. So sollten die meteorologischen Beobachtungen auch dazu dienen, den Einfluss der Witterung auf den Gesundheitszustand festzustellen. Schärfer wie *Hemmer*, der nicht Arzt war, hat dies für Würzburg *Horsch* getan. In seinem Buche: „Versuch einer Topographie der Stadt Würzburg in Beziehung auf den allgemeinen Gesundheitszustand und die dahin zielenden Anstalten. 1805" behandelt er auch die klimatischen Verhältnisse von Würzburg. Die geographische Breite gibt er (nach *Huberti*) zu 49°46'6" N, die geogr. Länge (nach *Egel*) zu 27°53'45" O *v. Ferro* an. Die mittlere Barometerhöhe gibt er „nach vieljährigen Beobachtungen" zu 741.04 mm (nach *Huberti*) an. Nach *de Lucs* Formel ergibt das bei einem mittleren Barometerstand am Meeresstrand von 28 Par. Zoll (757.96 mm) für Würzburg eine mittlere Meereshöhe von 469 Par. Fuss oder 152.3 m, was um 20 m zu wenig ist. Dann geht er zum

Digitized by Google

erstenmal auf den Grund der ziemlich hohen Sommertemperatur und der tiefen Wintertemperatur ein und findet ihn ganz richtig in der Kessellage der Stadt Würzburg; die unbewaldeten Kalkfelsen trahlen die Sonnenwärme zurück und vermehren dadurch die Hitze, während im Winter die kalte, schwere Luft sich in dem Kessel anhäuft; daher „können wir annehmen, dass die Luft in der Stadt im Durchschnitt unrein, feucht und schwer sei". Die Kessellage ist auch einer Lufterneuerung sehr hinderlich. Er fällt also kein besonders günstiges Urteil über das Würzburger Klima. *Horsch* bringt dann bei Besprechung der Temperaturverhältnisse die nach *Tobias Mayer* aus der geographischen Breite und der Meereshöhe abgeleiteten Temperaturmittel, wonach das Jahresmittel + 12.5° C, die grösste Abweichung von diesen ± 12.5° C betragen soll. Natürlich findet er dies den tatsächlichen Beobachtungen nicht entsprechend und gibt das Jahresmittel zu 10,1° C an. Auch die Monatsmittel führt er an. Abgesehen davon, dass sie zu hoch sind, gibt er gar nicht an, wie sie gewonnen wurden. Die Beobachtungen *Egels* hat er nicht gekannt. Zum Vergleiche bringt er dann die Temperaturmittel für Mannheim und Regensburg als klimatisch ähnlich gelegene Orte — wiederum ohne anzugeben, woher die Reihen stammen — und findet die Temperaturen von Würzburg im Sommer höher, im Winter niedriger als in beiden Städten, was auch nur teilweise richtig ist. Den Grund dieser Erscheinung sucht *Horsch* in der topographischen Lage der Stadt. Kurz charakterisiert er noch einige Eigenarten des Klimas; er erwähnt die Maifröste, die vielen Nebeltage besonders im Herbst, wo viele sonst heitere Tage mit Nebeln beginnen, u. s. w. Zum Schluss dieser Abhandlung meint er, seine Bemerkungen seien zu kurz, um eine vollständige Beschreibung unseres Witterungszustandes zu liefern, da die Reihe seiner Beobachtungen zu kurz sei und er nicht so glücklich war, über diesen Gegenstand Vorgänger benützen benützen zu können. Daraus geht eben hervor, dass er die Beobachtungen *Egels* nicht gekannt hat. Dabei vertröstet er das Publikum auf einen Professor *Schwab*, welcher schon seit 20 Jahren mit grosser Genauigkeit Beobachtungen aufzeichne und dereinst durch eine befriedigende Arbeit Ersatz schaffen werde. Über diese Beobachtungen *Schwabs* etwas zu erfahren, ist mir nicht gelungen. Als Anhang zu seinen Ausführungen gibt *Horsch* eine „tabellarische Übersicht der Witterungserscheinungen und der herrschenden Krankheiten vom Jahre 1790—1803." Er charakterisiert darin kurz den Witterungsverlauf der einzelnen Monate, gibt aber keine bestimmten Werte an.

Digitized by Google

Dies tut er in seiner zweiten Schrift: „Beobachtungen über die Witterung und Krankheiten in Würzburg im Jahre 1807". In extenso gibt er hier die Beobachtungen am Barometer und Thermometer wieder; die Windrichtung nach 16 Strichen; die Witterung, ob heiter, trüb oder veränderlich, ob Regen, Schnee oder Gewitter etc. in der Weise, wie es später *Schön* getan hat. Das Barometer wurde zweimal des Tages, früh und abends, das Thermometer dreimal, früh, mittags und abends beobachtet, die Windrichtung einmal, wahrscheinlich um Mittag. Leider sind alle Beobachtungen schon aus dem Grunde unbrauchbar, weil keine bestimmte Beobachtungszeit angegeben ist. *Horsch* hat seine Beobachtungen auch zu Monatsmitteln zusammengefasst. Er gibt an den höchsten, mittleren und niedrigsten Barometer- und Thermometerstand und die Winde, nach ihrer Häufigkeit geordnet. Der mittlere Barometerstand ist 746.90 mm (red. ?), das Jahresmittel der Temperatur 11.4°, also bedeutend zu hoch. Bei den Winden herrschen natürlich die westlichen Winde vor. Die Veröffentlichung dieser Beobachtungen mag dadurch veranlasst worden sein, dass der Grossherzog von Würzburg damals an die Distriktsphysiker seines Gebietes übereinstimmende Barometer und Thermometer verteilen liess zur Aufstellung von Witterungsbeobachtungen in ärztlicher Hinsicht. Gehört hat man von dem ganzen Unternehmen nichts mehr.

Die Beobachtungen und Ausführungen *Horschs* haben zwar manchen interessanten Beitrag zur näheren Charakteristik des Klimas von Würzburg geliefert, aber bestimmte, irgend verwertbare meteorologische Mittelwerte können aus ihnen nicht abgeleitet werden. *Horsch* war eben Arzt, aber kein Meteorologe und Vorbilder hatte er in dieser Beziehung nicht.

Die Beobachtungen *Egels* schienen in Vergessenheit geraten zu sein; das gleiche Schicksal schien den Mannheimer Ephemeriden überhaupt beschieden zu sein. Zu verwundern war dies schliesslich nicht; denn die Zeit war zu stürmisch für wissenschaftliche Arbeiten. Erst als die Napoleonische Zeit vorüber war, regte sich wieder allenthalben frisches Leben und jetzt trat eine Reihe von Meteorologen auf, die zu den bedeutendsten Erscheinungen in der Geschichte der Meteorologie gehören: *Schön*, *Dove*, *Kämtz*, *Lamont* etc. Sie alle haben Spuren ihrer Arbeit in der Klimatologie Würzburgs hinterlassen; keiner aber in dem Masse wie *Johannes Schön*. Er ist, auch als Mathematiker bedeutend, der Klimatologe Würzburgs katexogen. Er hat zum erstenmal die Beobachtungen der Mannheimer Ephe-

Digitized by Google

meriden in grossem Umfange berechnet und diese Resultate für die jetzt allmählich entstehende Wissenschaft der Meteorologie verwertbar gemacht. Besonders umfassend hat er die Beobachtungen *Egels* berechnet und diese seine Werte haben 60 Jahre lang unsere Kenntnis vom Würzburger Klima dargestellt. *Schön* war aber auch selbst eifriger Beobachter und seine Beobachtungen umfassen den Zeitraum von 1813 bis 1838.

Johannes Schön war geboren am 22. Juni 1771 zu Salzburg bei Neustadt an der Saale, wurde Priester und 1797 Professor der Philosophie am Gymnasium zu Würzburg, 1802 Professor der Mathematik an der Universität.

Auch *Schön* wurde erst durch den Regensburger Meteorologen Professor *Placidus Heinrich* auf die in den Mannheimer Ephemeriden niedergelegten Beobachtungen aufmerksam gemacht. Durch die Berechnungen *Schöns* gewannen diese neues Leben; er verlieh ihnen erst den richtigen Wert und gab ihnen die Bedeutung, die sie zu verdienen schienen. Seine Berechnungen und die aus ihnen abgeleiteten Regeln und Gesetze hat er niedergelegt in seinem Hauptwerke, der 1818 in Würzburg erschienenen „Witterungskunde in ihrer Grundlage". Es ist der erste Versuch, ein wissenschaftliches Lehrgebäude der Meteorologie aufzustellen. Scharf und bestimmt drückt er den Charakter dieser Schrift in den Worten aus: „Sie soll ein Beitrag sein zur Begründung der Witterungskunde als einer reinen Erfahrungswissenschaft." Also auf der Erfahrung als dem Grundstein aller empirischen Wissenschaft will er die neue Wissenschaft der Meteorologie aufgebaut wissen und „in mehreren Versuchen der neuesten Zeit, den Mechanismus des Universums zum Fundamente der Witterungskunde zu machen, erblickt er mehr den Charakter der Mutlosigkeit und des schädlichen Dranges, auf den Flügeln der Hypothesen schnell das gewünschte Ziel zu erreichen, als eine nüchterne und reife Beurteilungskraft, durch sichere Erfahrung unterstützt". Auf drei Grundpfeilern soll das Fundament der wissenschaftlichen Meteorologie ruhen: Möglichst umfassende Beobachtungen, deren Genauigkeit Ersatz ist für ihre Menge, dann die treue und zugleich gewissermassen künstliche Bearbeitung der Beobachtungen zu Resultaten und zuletzt die vorurteilslose Vergleichung dieser Resultate in Absicht auf die sich daraus ergebenden Gesetze und Regeln der Witterungserscheinungen. Damit hat *Schön* seine Stellung zur Meteorologie genau präzisiert; wir werden sehen, dass er diesen Grundsätzen fast durchaus treu geblieben ist. Im übrigen, was den Beobachtungsmodus an-

Digitized by Google

langt, steht er ganz auf dem Boden der Mannheimer Meteorologischen Gesellschaft. Eindringlich und wiederholt weist er auf deren Vorzüge und Verdienste um die Meteorologie hin und bitter beklagt er den „Mangel eines wirksamen, die zerstreuten Kräfte sammelnden und zweckmässig belebenden Mittelpunktes oder mit anderen Worten, das Fehlen einer Gesellschaft, wie sie *Karl Theodor* mit fürstlicher Freigebigkeit zu Mannheim gegründet hatte". Damit hat er den wunden Punkt in der Meteorologie seiner Zeit berührt. Das Fehlen eines solchen Mittelpunktes kann durch noch so viele und sorgfältige Einzelbeobachtungen nicht ganz ersetzt werden. Was in seinen Kräften stand, hat *Schön* getan. Er beobachtete selbst ganz genau nach dem Vorbilde der Mannheimer Gesellschaft und veranlasste auch andere Beobachter, dies zu tun. Jetzt werden die „Mannheimer Stunden" den wissenschaftlichen Beobachtern geläufig. Genau und eingehend vergleicht *Schön* seine Instrumente mit anderen, um die Homogenität der Reihen zu sichern und ebenso hält er an den alten bewährten Mannheimer Stunden fest. So ist er für Würzburg auch der einzige, der eine wirkliche und genügende Beschreibung der Konstruktion und der Aufstellung seiner Instrumente geliefert hat. Um eine Vergleichung von Mittelwerten verschiedener Orte liefern zu können, beschränkt er sich ausdrücklich auf gleiche Perioden. So hat er in seiner Witterungskunde auch lediglich die Beobachtungen der Mannheimer Gesellschaft berechnet, Würzburg ausgenommen. Er beschränkt sich auf die Stationen, die früher dem Mannheimer Netz angehört hatten, trotzdem er, wie er selbst bemerkt, den Kreis der Beobachtungsstationen noch erweitern konnte. Er wollte aber nicht, weil es ihm um gleichzeitige, grösstenteils mit harmonierenden Instrumenten angestellte Beobachtungen zu tun war, die möglichst zuverlässig waren.

Schöns Witterungskunde zerfällt in drei Teile: Eine Art Instruktion zur Beobachtung von Witterungserscheinungen und Berechnung der Beobachtungen); ferner eine eingehende Abhandlung über barometrische Höhenmessung (was eigentlich *Schön* zu meteorologischen Beobachtungen veranlasst hat) und endlich als dritter Teil ausführliche Erläuterungen zu den am Schlusse angefügten meteorologischen Tabellen. Diese Erläuterungen sind durch Zusätze allgemeiner Art über Regeln und Gesetze der Witterungserscheinungen erweitert. Es ist natürlich, dass die Würzburg betreffenden Bemerkungen den relativ grössten Raum einnehmen.

Digitized by Google

Schöns Absicht bei Abfassung dieser Schrift war „eine vergleichende Übersicht des Ganges der gesamten Witterung über einen grossen Teil von Europa mit Hülfe möglichst ausreichender, gleichzeitiger Beobachtungsresultate zu geben und eben dadurch gewisse Gesetze und Regeln festzustellen, welche als Fundament der Witterungskunde von dem Naturforscher benützt und notwendig berücksichtigt werden müssen, wenn er in der Aufstellung seiner Erklärungen und Hypothesen zum Behufe einer gründlichen Witterungstheorie glücklich sein will". *Schön* macht damit den ersten Versuch, ein Lehrbuch der Meteorologie auf wissenschaftlicher Grundlage aufgebaut, wenigstens in grossen Zügen zu bieten. Und weil er einzig und allein die Erfahrung als Quelle der Meteorologie gelten lassen will, so muss er gegen manche unbewiesene Anschauungen seiner Zeit ankämpfen. So glaubt er sich auch entschuldigen zu müssen, dass er die möglichen Einflüsse des Mondes und der Aspekten auf die Witterung nicht berücksichtigt hat. Er weist an der Hand der Beobachtungen der Mannheimer Ephemeriden und seiner eigenen nach, dass von einem solchen Einfluss nichts zu bemerken sei. Damit haben die Himmelskörper ihre Rolle als Witterungsfaktoren in der Klimatologie von Würzburg, wenigstens der wissenschaftlichen, ausgespielt.

Ich will nun dazu übergehen, das Wirken *Schöns* im einzelnen dazulegen, seine Verdienste um die Meteorologie, speziell um die Klimatologie Würzburgs, seine Beobachtungen und Berechnungen näher zu beleuchten. Dies werde ich in der Weise versuchen, dass ich zunächst auf seine Witterungskunde näher eingehe und dabei auch die spätere Wirksamkeit *Schöns* darlege, um so Wiederholungen zu vermeiden. Zunächst werde ich dem ersten Teil der Witterungskunde folgend, ausführlich die Art und Weise, wie *Schön* beobachtete, darstellen, sodann, wie er seine Beobachtungen berechnete und welche Schlüsse er aus den Resultaten zog. Zuletzt sollen dann die Beobachtungen *Schöns* insgesamt betrachtet und seine Verdienste um die Meteorologie und speziell um die Klimatologie von Würzburg gewürdigt werden.

Schön schloss sich, wie schon erwähnt, eng an die Mannheimer Gesellschaft an, so dass seine Beobachtungen als direkte Fortsetzung der Beobachtungen *Egels* gelten können. Er verglich seine Instrumente, Barometer und Thermometer, genau mit den damals noch im physikalischen Kabinett der Universität vorhandenen Mannheimer Instrumenten und stellte dabei die Unbrauchbarkeit des Mannheimer Barometers fest. Sein eigenes Barometer war ein Gefässbarometer

Digitized by Google

mit 2‴,4 lichter Röhrenweite, reguliert nach einem Heberbarometer 27‴7‴ mittleren Barometerstandes für Würzburg. Die Weite des Gefässes giebt er nicht an; er sagt nur, dass der Durchmesser des Gefässes den der Röhre so oftmal enthält, dass eine Quecksilbersäule von 6 Linien (Umfang der mittleren jährlichen Schwankung für Würzburg), indem sie dem Quecksilber im Gefässe zu- oder abgeht, keine merkliche Änderung in dem Stande der Quecksilberlibelle verursachen kann. Die bei einem solchen Röhrendurchmesser vorhandene Kapillarität hat *Schön* anfangs nicht berücksichtigt, später [1]) aber verweist er auf die Korrektionstabellen von *Cavendish* und gibt die nötige Korrektion wegen der Kapillarität zu + 0‴,3 bis + 0‴,5 an. Bei seinen Beobachtungen hat er diese Korrektur nicht angebracht; wohl aber die Wärmekorrektur, indem er die Barometerbeobachtungen alle nach einer von ihm selbst berechneten Tabelle auf + 10° R reduzierte. 10° R sollte die mittlere Jahrestemperatur am Gestade des Meeres sein. Die Höhe seines Barometers setzt er zu 49 Fuss über dem mittleren Mainniveau (Witterungskunde 37/38) an und in „*Kastners* Archiv für Chemie und Meteorologie I", gibt er an, dass der Nullpunkt seines Barometers eine relative Höhe von 13 Fuss über dem ersten Eckstein am Neubauturm in Würzburg habe. Nach der dortigen Höhenmarke, die 175,520 m beträgt, wäre dieser Nullpunkt im zweiten Stock seines Hauses ca. 180 m über Normalnull gelegen und das mittlere Mainniveau entsprechend in 160 m Höhe über N.N. Das stimmt nun mit dem mittleren Barometerstand nicht überein. (Nullpunkt des Stationsbarometers im physikalischen Institut = 179,2 m über N.N.; mittlerer jährlicher Barometerstand aus 1881—1900 = 746,3 mm; mittlerer Mainwasserstand rund 166 m). *Schön* verglich den Höhenunterschied des Beobachtungszimmers *Egels* mit dem seinigen und fand ihn zu + 5 bis 6 Fuss, was keinen merklichen Unterschied bei den beobachteten Barometerständen erwarten liess. *Schöns* Barometer war aufgehängt in einem ungeheizten Zimmer, vor der Sonne geschützt, in genau vertikaler Richtung. Es war mit einem feinen Nonius versehen, mit dessen Hilfe noch Zehntellinien abgelesen werden konnten. Das am Brette des Mannheimer Barometers angebrachte Thermometer wies eine Differenz von + 0,5° R auf, was keinen merklichen Einfluss auf die Korrektion der Barometerstände hat.

Dagegen stimmte das Mannheimer Thermometer genau mit den

1) *Kastners* Archiv f. d. gesamte Naturlehre X. 192.

Digitized by Google

Instrumenten *Schöns* überein. Sein Thermometer war gegen Norden aufgehängt, 15 Fuss vom Strassenpflaster im 2. Stock seines Hauses, der ungehinderten Einwirkung der Luft (und wohl auch der strahlenden Wärme) ausgesetzt. Es war in ganze Reaumurgrade geteilt. Seit 1827 beobachtete *Schön* auch noch ein Rutherfordsches Aufschreibethermometer (Maximum- und Minimumthermometer) von *v. Yelin* für ihn gefertigt, das er zum erstemal in *Kastners* Archiv für die gesamte Naturlehre X., 149 ff. sehr eingehend beschreibt. Abgesehen von einzelnen zerstreuten Notizen hat er aber Beobachtungen mit diesem Instrument nicht veröffentlicht.

Beobachtungen über die Luftfeuchtigkeit begann *Schön* erst mit dem Jahre 1817, da er nach seiner Angabe kein geeignetes Hygrometer finden konnte. Mit den vorhandenen gebräuchlichsten (*Saussures* Haarhygrometer, *de Lucs* Fischbein- und *Reetzs* Federkielhygrometer etc.) war er nicht zufrieden. Er konstruierte sich daher selbst ein Hygrometer aus der Samenkapsel des gemeinen Storchschnabels (Geranium Robertianum L.). Ein Geraniumhygrometer hatte schon 1797 Soari Barbosa konstruiert; *Schön* verbesserte es und versah es mit einer Skala, die anfangs 500 teilig, dann 800 teilig und schliesslich 1000 teilig war. Die Hygrometermeterfrage war damals überhaupt das Schmerzenskind der Meteorologie. Jeder wollte ein neues, besseres Hygrometer erfinden, und so zählt *Bunsen* in seiner 1830 erschienenen „enumeratio ac descriptio hygrometrorum" von *Saussures* Haarhygrometer angefangen bis zu *Augusts* Psychrometer an vierzig verschiedene Hygrometer auf; der beste Beweis dafür, dass sie alle miteinander nichts wert waren. Von *Schöns* Hygrometer kennt *Bunsen* nur den Namen und die hohe Meinung, die *Schön* von seinem Hygrometer habe. In der Tat hat *Schön* das Geraniumhygrometer (beschrieben zum erstenmal in seiner Witterungskunde S. 82/83; sehr ausführlich in *Kastners* Lehrbuch der Meteorologie III., 161/2) allen anderen Hygrometern vorgezogen. Wenn es einen Vorzug hatte, so war es der der Billigkeit. Die Beobachtungen, die er damit gemacht hat, sind natürlich völlig unbrauchbar. Die Konstruktion des *Schön*schen Barometers beruht auf dem hygroskopischen Verhalten der Samenkapsel des Storchschnabels, die sich bei zunehmender Luftfeuchtigkeit aufrollt, bei Trockenheit spiralig zusammenwindet. Dieses Hygrometer hielt aber gewöhnlich nur zwei Jahre aus und musste dann durch ein neues ersetzt werden.

Die Regenmengen hat *Schön* anfangs nicht beobachtet; erst seit 1828 finden sich Angaben über die in Würzburg gefallenen mo-

Digitized by Google

natlichen Regenmengen, ohne dass irgend etwas über Konstruktion und Aufstellung des Regenmessers angegeben ist.

Auch die Niederschlagstage und die Zahl der Gewitter (nicht der Gewittertage) gibt *Schön* seit 1828 an. Seine Angaben über Windrichtung, so schätzbar sie nach der Sorgfalt, mit der er sie anstellte, sein müssten, sind wertlos, weil er immer nur die Namen der Winde, nach der Häufigkeit ihres Wehens geordnet, angibt. Auch für die Himmelsbedeckung wählt er nur ganz allgemeine Benennungen, mit denen sich ebenfalls nichts anfangen lässt. Was die „meteora" also anlangt, bleibt er weit hinter dem Vorbilde der Mannheimer Gesellchaft zurück.

Dies ist so ziemlich der Umfang der von *Schön* überhaupt angestellten meteorologischen Beobachtungen. Im folgenden will ich die Art und Weise darlegen, wie *Schön* seine Beobachtungen berechnete und veröffentlichte. Seine Beobachtungen sind in extenso nicht mehr vorhanden, so dass wir ganz auf die in verschiedenen Schriften niedergelegten Resultate seiner Beobachtungen angewiesen sind. Schon in seiner Witterungskunde hatte er die „gewissermassen künstliche Berechnung" der Beobachtungen als sehr wichtig hingestellt; ein andermal stellt er als Hauptgesetz der Veröffentlichung folgendes auf: „Die Beobachtungen oder Resultate müssen auf eine solche Weise bekannt gemacht werden, dass sie jeder, der sie zu benützen überhaupt imstande ist, richtig verstehen oder auch wirklich benützen könne". Wie *Schön* seine Barometer- und Thermometermittel berechnete, darüber gibt er ausführliche Auskunft in seiner Witterungskunde. Während man sich noch in der Mannheimer Gesellschaft damit begnügte, die Monatsmittel einfach aus der Summe der Einzelbeobachtungen eines Monats durch Division mit der regelmässigen Zahl der Beobachtungen abzuleiten und fehlende Beobachtungen unberücksichtigt liess, wandte *Schön* zum ersten Male für fehlende Beobachtungen die Interpolation an. Er unterscheidet hier zwei Fälle: 1. Wenn zwei oder mehrere Beobachter korrespondierende Beobachtungen zu irgend welchem Zwecke anstellen oder 2. wenn nur einer, unabhängig von anderen Beobachtern, Witterungsbeobachtungen anstellt, folglich für sich die arithmetischen Mittel berechnet. Bei korrespondierenden Beobachtungen muss die Zahl der Beobachtungen völlig gleich sein; auch hinsichtlich derselben Tage und Stunden soll diese Gleichheit vorhanden sein. Fehlt nur eine Beobachtung, so soll entweder auch die korrespondierende des anderen Ortes ausgelassen werden, was um so notwendiger ist, je entfernter von ein-

Digitized by Google

ander die Beobachtungsorte sind; oder wenn man dies nicht will, so bildet man das Mittel aus der vorhergehenden und der nachfolgenden Beobachtung und setzt diesen Wert als fehlende Beobachtung ein. Sind die Differenzen zwischen zwei Orten beinahe konstant, so kann man eine fehlende Beobachtung in der Weise ersetzen, dass man aus den beiden nächsten Differenzen das Mittel bildet und dieses als konstante Differenz der Beobachtung des einen Ortes hinzufügt, um die fehlende des anderen Ortes mit ziemlicher Sicherheit zu erhalten. Fehlen mehrere Beobachtungen, so kann man auch die Summen der beobachteten Werte durch die Anzahl der Beobachtungen dividieren, um ein richtigeres Mittel zu erhalten, als wenn man einfach durch die Zahl der regelmässig auf einen Monat treffenden Beobachtungen dividiert. *Schön* ist der erste, der die Differenzen klimatisch ähnlich gelegener Orte zur Interpolation fehlender Beobachtungen benutzt. Diese Differenzen auch zur Prüfung der Beobachtungen überhaupt zu benutzen, darauf ist er nicht gekommen. Interpolation wendet er auch in dem Falle an, dass bei Berechnung des jährliche Barometer- und Thermometermittels die Anzahl der Beobachtungen für verschiedene Monate verschieden ist. Er multipliziert dann, um ein annähernd richtiges Resultat zu erhalten, jedes gegebene Monatsmittel mit der entsprechenden Anzahl von Beobachtungen und dividiert die Summe dieser so erhaltenen Mittel durch die Anzahl aller im Verlaufe eines Jahres angestellten Beobachtungen. Auf diese Weise hat *Schön* die Barometer- und Thermometermittel von 1813—1817 berechnet und auch die mittlere jährliche Barometerhöhe von Würzburg (aus den Jahren 1781—88 und 1813—17) von 27″ 5‴, 73 für + 10° R. (reduziert auf 0° 742.24 mm) hat er auf diese Weise berechnet. Wenn auch diese Berechnungsart den Fehler, der durch Nichtberücksichtigung der fehlenden Beobachtungen entstehen würde, nicht so gross erscheinen lässt, so kann sie doch die fehlenden Beobachtungen nicht ganz ersetzen. Weitaus die meisten Mittel *Schöns* sind in der Periode 1813—17 interpoliert. Die Zahl der fehlenden Beobachtungen beträgt in manchen Monaten 40—50. Infolgedessen dürfen diese Mittel nur mit Vorsicht gebraucht werden.

Im Anschluss an die Berechnung der mittleren jährlichen Barometerhöhe eines Ortes verbreitet sich dann *Schön* über die barometrische Höhenmessung. Er referiert kurz über den damaligen Stand des Wissens in diesem Gebiete der Meteorologie. Da er die barometrische Höhemessung (anscheinend sein wissenschaftliches Steckenpferd) mehrmals behandelt hat, so will ich alles, was er darüber

Digitized by Google

geschrieben hat, gleich zusammenfassen, um mich nicht später wiederholen zu müssen. Eine Bestimmung der absoluten Meereshöhe eines Ortes durch Präzisionsnivellements war damals noch nicht üblich und so war man, wollte man die Höhe eines Ortes über dem Meere kennen, auf die barometrische Höhenmessung angewiesen. So stellt sich auch *Schön* die Aufgabe in seiner Witterungskunde: Aus zehnjährigen Beobachtungen (1781—88) und (1813—17) sei die mittlere Barometerhöhe für Würzburg sehr nahe = 27″ 5‴, 73 (743,82 mm) für + 10° R. (red. auf 0° = 742.24 mm) und die mittlere Lufttemperatur = + 8.3309° R. gefunden; es sei ferner die mittlere Barometerhöhe am Meeresufer in den gemässigten Klimaten zu 28″ 2‴, 3 ebenfalls für + 10° R. (769.2; red. auf 0° 761.34 mm) und ebenso gross die mittlere Lufttemperatur angenommen; man solle die Höhe der „mittleren Libelle" des Maines (mittlerer Mainwasserstand) oberhalb Würzburg über dem Meeresniveau finden. *Schön* berechnet diese nach vier Formeln (*De Luc, Benzenberg, v. Lindenau* und *La Place*, die er als die beste erklärt) und findet sie im Mittel zu 602 Pariser Fuss. An einer weiteren Zahl von Beispielen macht er uns mit der ganzen Technik der barometrischen Höhenmessung bekannt. Was das für Würzburg erzielte Resultat betrifft, ist es viel zu hoch. Danach wäre die mittlere Höhe des Mainspiegels 195.5 m, während sie in Wirklichkeit rund 166 m beträgt. Die Höhe seiner Wohnung würde 211 m gewesen sein; nach dem, was ich oben über den Nullpunkt seines Barometers angab, betrug sie nicht mehr als etwa 180 m über N.N. Schuld an diesem falschen Resultat ist das zu niedrige Barometermittel, dem natürlich eine grössere Seehöhe entsprechen muss. *Schön* hat die mittlere Höhe von Würzburg noch einigemal berechnet und gelangt natürlich mit dem wechselnden Barometermittel auch zu anderen Resultaten. So ist in seiner Schrift „über die Witterung und Fruchtbarkeit des Jahres 1822" ein Artikel über die „relative und absolute Höhe von Würzburg", abgeleitet aus vierjährigen (1818—22) korrespondierenden Beobachtungen für Würzburg und Genf, wo die Höhe Würzburgs bei einem Barometermittel von 27″ 7‴, 543 und einer mittleren Jahrestemperatur von 8°,214 R. zu 86 Toisen angegeben ist (= 516 Fuss = 167.7 m). 1832 gibt er die Seehöhe von Würzburg zu 534 Fuss = 173.5 m an, was wenigstens annähernd richtig ist. Er gesteht aber ein[1]), dass selbst vieljährige Barometermittel den Beobachter noch zweifeln lassen, ob er mittelst

[1]) *Kastners* Archiv f. d. ges. Naturlehre X 201/2.

Digitized by Google

derselben die absolute Höhe seines Standortes bis auf 50 oder 100 Fuss richtig bestimmen werde.

Der dritte Teil von *Schöns* Witterungskunde enthält eine Erklärung der am Schlusse befindlichen Tabellen und damit verflochten einen knappen Grundriss der meteorologischen Kenntnisse seiner Zeit, soweit sie auf allgemeineres Interesse Anspruch machen können.

Die Tabellen enthalten die Mittel aus den Mannheimer Ephemeriden und aus seinen eigenen von 1813—1817 reichenden Beobachtungen. Am meisten interessiert uns die vierte Tabelle: „Meteorologische zu Würzburg angestellte Beobachtungen". Diese Tabellen enthalten die Barometermittel, die Thermometermittel von Würzburg, die Witterung zur Zeit der Mondphasen, die herrschenden Winde und einzelne Bemerkungen, ob heiter, trüb, Regen, Gewitter etc. für jeden Monat der Jahre 1781—88 und 1813—17. Die Barometer- und Thermometermittel sind aus den Mannheimer Ephemeriden übernommen, die Thermometerangaben unverändert; die Barometerbeobachtungen hat *Schön* alle auf 10° R. reduziert, auch die von 1781—86, nach eigenen von ihm nach der Formel $\frac{B\ R}{4329.6}$ (B = Barometerstand; R = Temperatur in R°) berechneten Tabellen. Da der Unterschied zwischen den Reduktionszahlen *Schöns* und denen *Schlögls* ein ganz verschwindender ist, so habe ich alle Barometermittel *Schöns* nach den leichter zu handhabenden *Schlögl*schen Tafeln reduziert und dann in Millimeter verwandelt. Die Thermometerangaben in den Appendices der Mannheimer Ephemeriden hat *Schön* nicht neu berechnet, darum glaubte er auch, dass alle Mittel nach der Formel $\left(\frac{7+2+9}{3}\right)$ berechnet seien und hat auch seine Mittel nach dieser Formel berechnet. Ich habe schon früher erwähnt, dass dies nicht immer der Fall war. Es gab nun, um die von mir neu berechneten Mittel der Mannheimer Ephemeriden und die Mittel *Schöns* in Übereinstimmung zu bringen, zwei Möglichkeiten. Ich berechnete entweder auch die Beobachtungen *Egels* nach der Formel $\left(\frac{7+2+9}{3}\right)$, so dass die Mittel *Schöns* als unmittelbare Fortsetzung gelten können, oder ich verwandelte die Mittel *Schöns* in solche nach der Formel $\left(\frac{7+2+9+9}{4}\right)$. Dazu brauchte ich aber Wärmemittel für die einzelnen Terminbeobachtungen, um die Differenz aus den Formeln

Digitized by Google

$\left(\frac{7+2+9}{3}\right)$ und $\left(\frac{7+2+9+9}{4}\right)$ als Korrektionsgrösse an die Mittel aus $\left(\frac{7+2+9}{3}\right)$ anfügen zu können. *Schön* hat nun, worauf ich noch zu sprechen komme, in den Jahren 1818—1824 seine Thermometermittel in der Weise veröffentlicht, dass er die Mittel aus den einzelnen Stundenbeobachtungen angab, also auch die mittlere Monatstemperatur für 9 Uhr abends. Jetzt konnte ich die gewünschten Differenzen der Mittel nach den beiden Formeln bilden; deren Mittelwerte habe ich dann an alle von *Schön* überhaupt veröffentlichten Thermometermittel angefügt, so dass jetzt mit Ausnahme der Jahre 1787 und 1788 alle Thermometermittel nach der Formel $\left(\frac{7+2+9+9}{4}\right)$ in einer Tabelle vereinigt werden konnten. Gleichwohl habe ich auch die wirklichen von *Schön* berechneten Mittel in einer Tabelle dieser Arbeit hinzugefügt. Ob die Mittel und Werte, die *Schön* angibt, fehlerlos sind, lässt sich nicht mehr nachprüfen, da die Beobachtungen in extenso nicht mehr vorhanden sind.

Mit den übrigen Angaben *Schöns* allgemeiner Natur über die Witterung der einzelnen Monate lässt sich nichts anfangen, da sie keine bestimmten Werte enthalten. In Tafel V bringt er die Jahresmittel von Würzburg für die Barometer- und Thermometerbeobachtungen in der Periode 1781—1817; und in einem Zusatz eine Zusammenstellung, wonach sich ergibt, dass die Güte und Menge des (Würzburger) Weines abhängig ist von der Summe aller Wärmegrade, besonders in der Vegetationsperiode. Die folgenden Tabellen enthalten die Monatsmittel aller zum Netze der Mannheimer Gesellschaft gehörigen Orte. Für Würzburg ist eine Ausnahme gemacht insofern, als auch die eigenen Resultate *Schöns* mit den Resultaten aus den Beobachtungen *Egels* zu einem Gesamtmittel vereinigt sind. Diese monatlichen Mittel sämtlicher Orte sind dann in die meisten Lehrbücher der Meteorologie und klimatischen Tabellen übergegangen. Wir werden den von *Schön* für Würzburg berechneten Werten noch öfter begegnen. Auch der Inhalt der Tafel IX „Barometrische Bestimmungen der Höhen verschiedener Erdorte" ist noch oft verwertet worden. Tafel X enthält die Verdunstungs- und Regenmenge verschiedener Orte (auch Würzburgs) im Jahre, sowie in den einzelnen Jahreszeiten, ferner je die grösste und kleinste Regen- und Verdunstungsmenge; alles berechnet nach dem in den Mannheimer Ephemeriden aufgespeicherten Materiale.

Digitized by Google

Soll man ein Urteil abgeben über den Wert oder Unwert der Resultate *Schöns* für Würzburg, so muss dies dahin lauten, dass auch sie wenig verlässlich sind. Die Barometerbeobachtungen sind wohl etwas zu niedrig und die Thermometermittel etwas zu hoch. Durch die Vereinigung mit den Werten aus der Periode 1781—1788 sind die Resultate natürlich nicht besser geworden.

Nun bleibt mir noch übrig, auf den Inhalt des erläuternden Textes näher einzugehen. Dabei will ich hauptsächlich nur das berücksichtigen, was sich auf die Klimatologie Würzburgs bezieht und vom übrigen nur das, was für *Schön* charakteristisch ist und geeignet erscheint, seine Stellung in der Meteorologie klarzulegen.

Schön hat von 1818—1838 seine Beobachtungen alljährlich in besonderen Abhandlungen erscheinen lassen, die ausser den Resultaten seiner Beobachtungen auch noch eine chronikartige Aufzählung der merkwürdigsten Naturerscheinungen in der ganzen Welt enthalten. Der Zweck dieser besonderen Beobachtungen und Bemerkungen war, durch gleichzeitige oder beinahe gleichzeitige Beobachtungen derselben Erscheinung an andern, oft sehr entfernten Erdorten über den Gang, den Zusammenhang und Ursprung der merkwürdigsten Erscheinungen Licht zu erhalten. Die wissenschaftlichen Zeitschriften jener Periode wimmeln von solchen Berichten und Schilderungen von merkwürdigen Naturerscheinungen, aber man hat sich selten die Mühe genommen, sie zu verarbeiten.

Auch Beobachtungen phänologischer Art hat *Schön* gemacht und aufgezeichnet.

Zur Tafel IV „Meteorologische zu Würzburg angestellte Beobachtungen" gibt er an, dass er durch diese Zusammenstellung der Resultate das einem jeden Monat in unserer Gegend Eigentümliche zur klaren Anschauung bringen wolle und bringt dann einen etwas allgemeinen Bericht über den jährlichen Witterungsverlauf für Würzburg, aus dem sich nicht viel entnehmen lässt. Dagegen wendet er sich bei der Frage über den Zusammenhang von warmen Jahren und der Fruchtbarkeit gegen die Behauptung von *Humboldts*, welcher den Satz aufgestellt hatte: „Was die Wärmemenge betrifft, die ein Erdort empfängt, so ist sie im Verlaufe mehrerer Jahre gleicher, als man nach unserer Empfindung und der Verschiedenheit der Ernten schliessen sollte. Die schlimmen Ernten werden oft weniger durch die Verminderungen der mittleren jährlichen Temperatur als durch die aussergewöhnlichen Änderungen in der Verteilung der Wärme unter den verschiedenen Monaten bewirkt und *Schön* meint, diesen

Digitized by Google

kleinen Abweichungen der Mitteltemperaturen liege eben eine bedeutende Verschiedenheit der Wärmemenge verschiedener Jahre zu Grunde und gerade diese geringere Wärmemenge sei Ursache der grösseren oder geringeren Wärmemenge[1]). *Humboldt* meint aber offenbar die solare Wärmemenge, die ein Ort empfängt, diese ist natürlich für alle Jahre gleich. *Schön* betont besonders die geringere Wärme in der Vegetationsperiode, die man mehr berücksichtigen müsse als bloss die jährliche Mitteltemperatur und die Ungleichheit in der Verteilung der Wärme.

Bemerkenswert ist der Versuch *Schöns*, die in den Tabellen niedergelegten Resultate über den jährlichen Gang des Barometers, des Thermometers und des Hygrometers durch Kurven graphisch zu veranschaulichen. In Mannheim arbeitete seit 1785 ein Barometrograph, der registrierende Kurven aufzeichnete; aber *Schön* stellte aus Monatsmitteln, (die noch dazu aus Terminbeobachtungen gebildet waren) Kurven her und diese enthalten natürlich manche Willkürlichkeit, da eine Interpolation unumgänglich notwendig war. Besser wäre es gewesen, die Kurven durch gebrochene Linien zu ersetzen. *Schön* trug sich mit der Hoffnung, trotz der Unzulänglichkeit der Terminbeobachtungen durch langjährige (mindestens 20jährige) Beobachtungen zuletzt eine sogenannte „Normalkurve" zu erhalten, die nichts Unregelmässiges mehr enthalte. Die Idee ist richtig; aber in der nötigen Zeit hat er sich gründlich getäuscht; doch verzweifelt in späteren Jahren auch er daran, aus Terminbeobachtungen absolut sichere und brauchbare Mittelwerte zu erhalten. Vorläufig verspricht er sich grosse Vorteile von der graphischen Darstellung der Witterungsfaktoren. Seine Gedanken darüber sind zu interessant, um nicht im Wortlaut angeführt zu werden[2]): „Wären wir für viele Erdorte einmal im Besitze solcher Normalkurven, so hätten wir den Vorteil, dass wir, statt weitläufig unsere jährlichen Beobachtungen jener Art, meist ohne sonderlichen Nutzen abdrucken zu lassen, einzig nur den Normalkurven die den Beobachtungen eines Jahres entsprechenden Kurven beizeichnen können, — ein Zentralpunkt ist allerdings notwendig, wie ihn die so ausgezeichnete Mannheimer Meteorologische Gesellschaft ehemals bildete und ihn heutzutage eine unserer vorzüglichen deutschen naturforschenden Gesellschaften leicht bilden könnte. Daselbst bleiben die eingesandten Originalbeobachtungen aufbewahrt; — die Reduktionen geschehen nach einerlei ausdrücklich angegebenen

[1]) *Schön*, Witterungskunde 63.
[1]) *Schön*, Witterungskunde 88.

Digitized by Google

Gesetzen; die Kurven werden nach demselben Massstabe gezeichnet und von da aus wird am leichtesten für die richtigsten und harmonierenden Instrumente gesorgt". — Es sind dies zum Teil die Grundlinien einer modernen Zentralstation, die *Schön* hier zeichnet.

Aus den konstruierten Kurven leitet dann *Schön* einzelne, schon bekannte Gesetze über den jährlichen Gang der einzelnen klimatischen Faktoren ab, zunächst der Wärme: Sie erreicht ihren höchsten Punkt erst im Juli, wofür er den Grund richtig in der langsamen Erwärmung der Erde findet. Umgekehrt ist es im Januar. Ferner nehme die mittlere Temperatur des Herbstes weniger schnell ab als die Temperatur im Frühling zunimmt. Auch das trifft für Würzburg zum Beispiel zu. Um dies anschaulicher zu machen, verbindet er die entsprechenden, vom Juli gleichweit abstehenden Monate, beziehungsweise ihre Punkte, durch Transversalen und findet dabei, dass in diesen Linien weder bei allen noch bei einer Kurve irgend ein Parallelismus herrsche. Auf diese Erscheinung gestützt, glaubt er annehmen zu dürfen, dass es weder ein für alle Erdorte noch für denselben Erdort in allen Winter- und Sommermonaten desselben Jahres zuverlässig gültiges Gesetz der Ab- und Zunahme der Wärme gebe[1]). Bestimmend, aber nicht allein entscheidend ist bei dem Klima eines Ortes dessen geographische Lage[2]). Dabei geht *Schön* kurz ein auf die Berechnung der Temperaturabnahme im Verhältnis zur Zunahme der geographischen Breite. Er ist von den Resultaten der verschiedenen Berechnungsarten nicht ganz befriedigt und möchte auch noch die geographische Länge gleichsam als Korrektionsgrösse in Rechnung gezogen wissen. Vorher hat er den Satz *Humboldts* erwähnt, dass vom Meridian des Montblanc aus die Unterschiede zwischen Sommer und Winter mit der geographischen Länge wachsen (gegen Asien und Amerika). Da nun auch der Sinus des Winkels von 0^0—90^0 zunimmt, so wollte *Schön* offenbar durch diese Mitberechnung des Sinus der geographischen Länge eines Ortes den Übergang vom maritimen Klima der atlantischen Länder Europas zum kontinentalen, grössere Winterkälte und höhere Sommerhitze erzeugenden Klima Asiens und Amerikas zum Ausdruck gebracht wissen. Er erläutert dies an einzelnen Beispielen, indem er die entsprechenden Werte nach der tatsächlichen Beobachtung, nach dem Sinusquadrat, nach dem Kosinusquadrat der Breiten und seine, die geographische Länge berücksichtigenden Berechnungen, nebeneinander

[1]) *Schön*, Witterungskunde 67.
[2]) Ebenda S. 71.

Digitized by Google

stellt. Es ist dies der erste Versuch, auch die geographische Länge zur Berechnung der Temperatur zu benützen. (Vgl. zu der ganzen Frage: *E. E. Schmid*, Meteorologie 202 ff; *J. Hann*, Lehrb. d. Met. 150). Etwas phantastisch hingegen erscheint der Versuch, den Grad der Kultur eines Volkes aus der grösseren oder geringeren Regelmässigkeit der Wärmekurven des betreffenden Ortes erklären zu wollen; so z. B.: „Mit Vergnügen wird jeder Leser die für Rom konstruierte Kurve betrachten und in der Regelmässigkeit und der schönen Ausbreitung ihrer Äste, sowie in dem freien Schweben über der Normallinie erkennen, dass eine solche Kurve nur einem südlichen Lande, dem ehemaligen Sitze eines unabhängigen und kräftigen Volkes, angehören kann" u. s. w., und ebenso: „Besonders wird der auf die Kurven von München und Würzburg geheftete Blick meiner Landsleute verweilen, nicht übersehend, wie sie bei mässigem Aufschwung über die Grundlinie allmählich sich nur und gleichförmig ausbreiten und wie ihre Äste entweder an der Normallinie hinschleichen oder sich nur wenig unter dieselbe herabsenken. Mit neidloserem Auge werden sie dann die übrigen Kurven betrachten und nicht ohne Dank, dass uns der Himmel in diesen gesegneten Gefilden ins Dasein rief".

Auch die Resultate der Hygrometerbeobachtungen hat *Schön* durch Kurven veranschaulicht. Danach ist der höchste (relative) Feuchtigkeitsgrad im Dezember, der höchste Grad der Trockenheit im Juli. Sehr günstig für Würzburg spricht nach *Schön* die für diese Stadt gezeichnete Kurve im Vergleich zu der für Mannheim. Würzburg ist trotz seiner Kessellage nicht so feucht wie Mannheim.

Er berichtet dann kurz über den täglichen und jährlichen Gang der (relativen) Feuchtigkeit und wendet sich dabei gegen *Benzenbergs*[1]) Behauptung, dass im Sommer, wo es am wärmsten sei, die meiste Feuchtigkeit in der Luft sei, im Winter die wenigste. *Benzenberg* meint aber wohl die absolute Luftfeuchtigkeit und dann hätte auch er recht. Bei den Barometerextremen führt *Schön* die Wahrnehmung an, dass die meisten meteorologischen Erscheinungen, speziell die barometrischen Schwankungen, früher an westlicher liegenden Orten eintreffen als an östlichen. Der Grund, der in der Zugrichtung der barometrischen Minima von Westen nach Osten liegt, wurde von von ihm nicht erkannt. Auch auf die tägliche Periode des Barometerganges geht er ein. Er macht die Beobachtung, dass auf Bergen die Barometermittel aus den mittägigen Beobachtungen immer höher seien

[1]) Vgl. *Schön*, Witterungskunde 33 Fussnote.

Digitized by Google

als die morgendlichen und abendlichen, dass dagegen der tägliche Gang der Barometerkurven sonst ein umgekehrter sei. Er erklärt diese Erscheinung ähnlich der Ebbe und Flut[1]) zum Teil aus der Einwirkung der Sonnenmasse auf das Luftmeer durch Anziehungskraft, die dann auf hohen Bergen wegen der weit dünneren Luft so schwach ist, dass der Einfluss der Wärme auf die Barometerveränderungen mehr wieder überwiegt. *Schön* überlegt hier nicht, dass, wenn die Sonnenmasse anziehend auf das Luftmeer einwirkt, der Mond dies in noch höherem Grade tun muss und dass er dann einen grossen Einfluss auf den Gang des Barometers haben müsste, was aber *Schön* selbst früher abgelehnt hat. Die Schwankungen des Barometers hängen fast nur von der Sonnenwärme ab. Dies erkennt er bei dem täglichen Barometergange für die heisse Zone auch an.

Nicht ganz richtig ist auch die aus den Regenangaben der Mannheimer Ephemeriden für Würzburg gezogene Folgerung, dass die jährliche Regenmenge Würzburgs der von Kopenhagen, Stockholm oder Petersburg gleich sei; die Regenmengen für Würzburg sind ja viel zu niedrig. Dagegen verhält er sich mit Recht etwas misstrauisch gegen die Verdunstungsangaben, indem er behauptet, dass sich über die Verdunstung genau korrespondierende Mittel nicht erhalten lassen.

Zum Schlusse seiner Ausführungen geht er noch kurz auf die Gewitter ein und behandelt hauptsächlich die Gewitter in der Umgegend von Würzburg. Die Angaben, die er bringt, stimmen alle mit den neueren Beobachtungen überein.

Das ist also in kurzen Zügen der Inhalt der Witterungskunde *Schöns*. Ich habe mich natürlich nur auf das beschränkt, was *Schön* eigentümlich darin ist, ohne mich allzuviel auf den damaligen Stand des Wissens einzulassen. Abgesehen von einigen sozusagen organisatorischen Gedanken steht er vollkommen auf den Schultern seiner Zeit. Sein Verdienst besteht für Würzburg speziell darin, dass er zum ersten Mal ausführlichere Angaben über das Klima unserer Stadt eben im Rahmen seiner Witterungskunde gemacht hat; für die Meteorologie hat er das erste zusammenfassende wissenschaftliche Lehrbuch geliefert und ist dadurch der Vorläufer und Wegweiser für einen *L. Fr. Kämtz* und *E. E. Schmid* geworden, die wie *H. Dove* den Resultaten *Schöns* wissenschaftlichen Wert dadurch zuerkannten, dass sie fast den gesamten Inhalt seiner Tabellen in ihre Werke aufnahmen und sie als Material zum Aufbau der Wissenschaft der Me-

[1]) *J. Hann*, Meteorolgie 177 ff.

Digitized by Google

teorologie benützten. Keine der späteren Veröffentlichungen *Schöns* hat annährend dieselbe Bedeutung erlangt wie seine Witterungskunde.

Und die Zahl dieser Veröffentlichungen ist nicht gering. Es sind teils Resultate seiner Beobachtungen, teils kleinere und grössere Aufsätze aus dem Gebiete der Meteorologie, in denen er Gedanken, die er schon in seiner Witterungskunde gebracht hat, weiter ausführt oder worin er über die Fortschritte der Meteorologie Bericht erstattet. Viele enthalten nur kurze Notizen über irgend ein Naturereignis, eigentlich nur Zeitungszuschriften. Ich will daher nur diejenigen Veröffentlichungen anführen und näher beleuchten, die von einiger Bedeutung sind. Betreffs der meteorologischen Arbeiten überhaupt verweise ich auf das in *Hellmanns* Repertorium der deutschen Meteorologie Angeführte. Ich werde bei Besprechung der wichtigeren Arbeiten *Schöns* am besten chronologisch verfahren. Die Resultate seiner Beobachtungen gab *Schön* immer von Jahr zu Jahr heraus. Die Ergebnisse der einzelnen Jahre sind in verschiedenen Zeitschriften zerstreut. Nur die Beobachtungsresultate für die Jahre 1818—1823 erschienen als eigene Schriften unter dem Titel: „Über die Witterung des Jahres 18 . . aus Beobachtungen." Der Charakter dieser und aller folgenden Veröffentlichungen von meteorologischen Beobachtungen *Schöns* ist der nämliche: Mit den Beobachtungsresultaten war eine Schilderung des Witterungscharakters eines jeden Monats speziell für Würzburg verbunden, ferner eine Aufzählung von merkwürdigen Naturerscheinungen aus allen Gegenden der Erde, verknüpft manchmal mit Bemerkungen über die einschlägigen Kapitel der Meteorologie und Physik. Auch Beobachtungen phänologischer Art, Notizen über die Blüte- und Erntezeit, die Fruchtbarkeit nach dem Beispiele *Hemmers* in Mannheim werden jetzt reichlicher. Leider konnte ich die beiden Hefte, welche die Beobachtungsresultate für 1818 und 1819 enthalten, nirgends erhalten, so dass die beiden Jahre auch in meinen Tabellen fehlen. In dem Hefte für 1820 gibt *Schön* einige kurze Winke, wie ein Laie für die nächsten 24 Stunden (mit einiger Sicherheit) die Witterung aus dem Gang des Barometers voraus bestimmen kann, wendet sich dann aber scharf und ironisch gegen den Professor *Dittmar* in Berlin, der gleich für ein halbes Jahr die Witterung voraussagen wollte. Natürlich trafen die Prophezeiungen nicht ein und *Schön* meint am Schlusse: „Man sieht, die Kunst, die Witterung auf längere Zeit auch nur ziemlich wahr vorauszusagen, ist so leicht doch nicht — glücklicherweise." Die Monatsmittel dieses Jahres (1820) für Barometer, Thermometer und Hygrometer werden durch Kurven

Digitized by Google

graphisch dargestellt unter Zugrundelegung der Normalkurven. 1821 muss wieder *Dittmar* herhalten, der wiederum so falsch wie früher die Witterung vorhergesagt hatte. Die Schrift über das Jahr 1821 enthält noch die Resultate der Berechnung der relativen Höhe von Würzburg aus korrespondierenden Barometermitteln *Schöns* und des bekannten badischen Meteorologen *Böckmann* in Karlsruhe. Würzburgs Höhe über Karlsruhe beträgt 216 Fuss. (Demnach Würzburgs absolute Höhe ca. 190 m.) Die Schrift über die Witterung des Jahres 1822 enthält die schon früher erwähnte kleine Arbeit über die relative und absolute Höhe Würzburgs mit Hilfe von korrespondierenden Beobachtungen in Würzburg und Genf, berechnet nach der *Laplace*schen Formel; ferner kurze Notizen über meteorologische Beobachtungen aus Gersfeld in der Rhön.

Mehrere Arbeiten *Schöns* sind in *Kretschmars* Zeitschrift für Meteorologie enthalten: „Das denkwürdige Jahr 1824 in meteorologischer Hinsicht" mit Kurven für den jährlichen Gang des Thermometers und Hygrometers in den Jahren 1822—24; dann den „Barometergang im Jahre 1824 an drei verschiedenen Erdorten" (um den fast parallelen Gang darzutun); schliesslich eine Abhandlung über die Hagelableiter, wo er am Schlusse die Ansicht ausspricht, dass die besten Ableiter des Hagelschadens immer noch gute Hagelversicherungsgesellschaften seien, nicht diese 50 Fuss hohen, mit Messingspitzen und messingenen Ableitungsdrähten versehenen Holzstangen, die auf die Hagelwolken verteilend einwirken sollen.

Ferner ist in der Zeitschrift noch die Übersicht über das Jahr 1825 in meteorologischer Hinsicht nebst den Monatsmitteln enthalten.

Im Jahre 1826[1]) gibt *Schön* die absolute Höhe von Würzburg an zu 538 Fuss = 174 m. Wichtiger ist eine andere Schrift *Schöns* „Die Schwankungen des Barometers (*Kastners* Archiv VIII 475 ff.), in der er kurz den Stand des Wissens seiner Zeit in dieser Frage darstellt. Sie enthält aber nichts, was nicht schon in der Witterungskunde erwähnt wäre. Die wahre Ursache der barometrischen Schwankung liegt in dem Stande der Sonne, (und jetzt gibt er zu) vielleicht auch des Mondes oder in der täglichen und jährlichen Bewegung der Erde. Eine Erklärung der täglichen Schwankung durch die wechselnde Erhöhung und Erniedrigung der Lufttemperatur lehnt er ab. Bei der jährlichen Schwankung oder „Variation" zieht er aus den Beobachtungen der letzten Jahre den Schluss, dass das Minimum eines Jahres in

[1]) *Kastners* Archiv f. d. ges. Naturlehre VII, S. 327.

Digitized by Google

der Regel tiefer unter das barometrische Mittel desselben Jahres herabsinke, als das Maximum sich darüber erhebt. Auch für Würzburg ist dieses der Fall. Ferner haben die in der Nähe des Meeres liegenden Orte eine beträchtliche mittlere Schwankung (vergl. *Hanns* „ozeanischen Typus"). Zum Schlusse glaubt er feststellen zu können, dass die barometrischen Mittelwerte überhaupt in Deutschland etwa seit 1790 im Zunehmen seien; auch für Würzburg ist das Barometermittel von 27″ 5‴, 5 auf 27″ 7‴, 5 gestiegen. Bei anderen Orten ist diese Zunahme allerdings viel geringer. Den Grund dieser Erscheinung sucht er nicht. Betrachten wir die von *Schön* für die Folgezeit berechneten Barometermittel, so ist das Steigen der Werte sehr auffallend und unerklärlich: von 740.59 mm im Jahre 1784 steigt das Mittel bis 749.48 mm im Jahre 1834. In den neueren Reihen lässt sich kein solches kontinuierliches Steigen oder auch Fallen wahrnehmen. Betrachten wir die Tabelle 2 des Anhanges und bedenken wir, was *Schön* über seine Berechnung der Barometermittel sagte, so können wir annehmen, dass an den niedrigen Barometermitteln von 1813—1817 der Umstand Schuld ist, dass *Schön* so und so viele Beobachtungen jeden Monat ausliess, die auch durch seine Interpolation durch Mittelbildung nicht ganz ersetzt werden konnten. Seit 1818 hat *Schön* regelmässig dreimal des Tages beobachtet und von jetzt ab sind auch die Reihen ganz normal. *Schön* zieht aber mit Recht aus dieser Veränderlichkeit der Barometermitte den Schluss, dass Berechnungen der absoluten Höhe eines Ortes aus Barometermitteln immer schwankend und unsicher bleiben müssen.

Im Jahre 1827 gab *Schön* eine umfangreiche Schrift heraus: „Über meteorologische Beobachtungen, Umfang, Zweck und Nutzen derselben, Art und Weise, sie anzustellen, zu berechnen und zu vergleichen". Es ist eine Instruktion für solche, welche meteorologische Beobachtungen aus Liebhaberei betreiben, die durch beigefügte Erläuterungen den Charakter eines populären Leitfadens der Meteorologie erhält. Von der Instruktion *Hemmers* (Ephemerides Soc. Pal. Met. I) wesentlich Verschiedenes bietet sie nicht. Das auf Würzburg Bezügliche über Aufstellung und Beobachtung der Instrumente habe ich an anderer Stelle schon verwertet. Hier erklärt *Schön* den Heer- oder Höhenrauch mit anderen als einen durch gesteigerte Tätigkeit der Luftelektrizität (mit der in damaliger Zeit überhaupt viel operiert wurde) hervorgerufenen trockenen Nebel. 40 Tage nach einem solchen trockenen, stinkenden Nebel tritt, wenn er zwischen dem 1. November und 21. März sich ereignet, strenge Kälte ein (sogen.

Digitized by Google

Wiegmannsche Regel). *Schön* gibt einigemal selbst an, dass der Wind dabei aus Nordwesten kam, aber die wahre Herkunft dieses Nebels erkannte er nicht.

Trotzdem *Schön* früher erklärt hatte, es sei unmöglich, das Wetter auf längere Zeit vorauszusagen, beschäftigte er sich doch mehrere Male mit dem Problem, wie die Beschaffenheit eines bevorstehenden Winters vorhergesagt werden könne[1]). Die schon vorhandene Regel, dass, wenn die mittlere Temperatur des Juli ganz oder sehr nahe gleich sei der des August, dann ein mittelmässiger Winter folge; 2. dass, wenn der Juli bedeutend kühler als der August sei, ein lauer und im entgegengesetzten Falle ein strenger Winter folge, ist ihm allzu unzuverlässig. Für Würzburg traf sie von 1781 bis 1830 unter 22 mal 14 mal nicht ein. Seine Fassung der Regel, die die unsicheren Fälle auf Grund seiner Beobachtungen eliminieren will, ist aber noch spitzfindiger wie die andere[2]). Ferner sagt er, habe sich nach seiner Erfahrung die Regel bestätigt, dass es auf einen bald beginnenden strengen Winter deute, wenn in der zweiten Hälfte des Oktober eiskalte Stürme, sogenannte Gewitterschauer, mit Regen, Schnee und Graupeln eintreffen. Sie soll sich nach den Angaben *Schöns* schon seit mehreren Jahren bewährt haben.

1837 erschien eine Schrift *Schöns:* „Vergleichung dreimonatlicher zu Würzburg und Stuttgart angestellter Thermometer- und Barometerbeobachtungen". In dieser weist er wiederholt darauf hin, dass der Verlauf der Temperatur- und Luftdruckmittel für klimatisch ähnlich gelegene Orte annähernd derselbe sei und dass man, die Kenntnis der Differenzen der Monatsmittel beider Stationen vorausgesetzt, leicht aus den Mitteln der einen Station die der anderen mit grosser Sicherheit berechnen kann. *Schön* spricht hier schon aus, was später *Dove* und *Lamont* eingehender begründet und zum wichtigsten Prinzip für die Prüfung von meteorologischen Beobachtungen gemacht haben. Aber *Schön* hat die Tragweite seines Gedankens anscheinend nicht erkannt.

Speziell mit Würzburger Verhältnissen hat sich *Schön* noch in einer kleineren Schrift befasst. Er behandelt darin „die Gewitter in der Umgegend von Würzburg", ihre Entstehung und ihre Zugsrichtung.

Einzelne kleine Gewitter mit wenig Regen, zuweilen mit etwas

[1]) Ökonomische Neuigkeiten und Verhandlungen 1830, S. 377 ff.
[2]) *Kastners* Archiv f. Meteorol. u. Chemie II.

Digitized by Google

Graupeln, kommen in der Regel von Westen, seltener von Süden. Starke Gewitter kommen von Osten, Nordosten und von Südwesten, Gewitter, die von Südosten kommen, folgen in der Regel dem Maintal und entladen sich manchmal erst weit unterhalb der Stadt. Grosse Gewitter sind nicht so häufig als man nach der Lage der Stadt erwarten sollte. Den geringsten Schaden bringen Nordwestgewitter, indem sie sich am Steinberg (nördlich der Stadt) brechen. Die Gewitter beginnen in der zweiten Hälfte des April und erreichen ihr Maximum im Juni und Juli. Die mittlere Menge der Gewitter beträgt etwa 12 in nicht eben guten Jahren; aus der Zahl der Gewitter lässt sich nämlich einigermassen auf das Klima und die Fruchtbarkeit des betreffenden Jahres schliessen. Gewitterreiche Jahre sind gewöhnlich sehr fruchtbar.

Damit sei die kurze Übersicht über *Schöns* meteorologische Schriften geschlossen. Auf *Hellmanns* Angaben in seinem Repertorium mich stützend, glaubte ich, dass *Schön* seit dem Jahre 1827 keine meteorologischen Beobachtungsresultate mehr veröffentlicht habe. Da stiess ich in einem der Bände von *Kastners* Archiv auf eine Fussnote, worin *Schön* auf seine Beobachtungsresultate im Jahre 1828 in der Zeitschrift „Ökonomische Neuigkeiten und Verhandlungen" hinweist. Bei weiterem Nachforschen stellte sich heraus, dass in den einzelnen Bänden dieser Zeitschrift die Jahresresultate der Beobachtungen *Schöns* für die Zeit von 1828 bis 1838 niedergelegt waren. Ich musste jetzt alle irgend verwendbaren Monats- und Jahresmittel wieder umrechnen, wie ich es mit den in seiner Witterungskunde, in *Kretschmars* Zeitschrift etc. niedergelegten Werten gethan habe. Die Barometermittel wurden auf 0° reduziert und in Millimeter verwandelt. Hervorzuheben ist, dass *Schön* auch seit 1828 die Regenmenge bringt sowie die Zahl der Regentage und der (einzelnen) Gewitter. Die Regenmengen rechnete ich in mm um und fand sie wie die der Mannheimer Ephemeriden zu klein, wenn auch nicht in dem Masse wie diese. Über den Regenmesser gibt *Schön* gar nichts an. Er bringt über alle beobachteten klimatischen Elemente (Barometer, Thermometer, Hygrometer, Regenmenge, Regentage) nicht nur die Monatsmittel, sondern auch die Mittel für die meteorologischen Jahreszeiten (Dezember—Februar; März—Mai; Juni—August; September—November), so dass niemals die Jahresmittel des Kalenderjahres ganz angegeben sind. So fehlt z. B. die letzte Regenmengenangabe für das Jahr 1838. Sonst gilt das, was ich schon früher über das Äussere einer solchen meteorologischen Jahresübersicht sagte, auch

Digitized by Google

hier. An die Schilderung der Witterung in Würzburg schliessen sich ebenso umfangreiche Notizen über die Witterung, Fruchtbarkeit und merkwürdigen Naturerscheinungen aus allen Teilen der Erde an.

Die Beobachtungsresultate des Jahres 1838 liegen noch vor uns; am 18. April 1839 schloss *Schön* die Augen, betrauert von seinen Zeitgenossen.

Überblicken wir das Wirken *Schöns* für die Meteorologie und speziell für die Klimatologie Würzburgs, so müssen wir ihm das Zeugnis ausstellen, dass er ein eifriger Jünger seiner Wissenschaft gewesen ist, immer bestrebt durch Beobachtungen und darauf beruhende Abhandlungen aller Art die Meteorologie zu fördern und Interesse für sie zu erwecken. Manches Samenkorn hat er hier ausgestreut, das dann aufgegangen ist. Seine Witterungskunde wird immer ein ehrendes Denkmal für ihn in der Geschichte der deutschen Meteorologie bleiben. Die Klimatologie Würzburgs ist insbesondere 60 Jahre lang eigentlich auf seine Resultate angewiesen gewesen und wenn auch die Werte *Schöns* für die Zeit, in der er beobachtete, allesamt nicht ganz zuverlässig sind, so ist ihm daraus kein Vorwurf zu machen; es erging anderen Beobachtern nicht besser. *Schön* war der erste und letzte Meteorologe, der sich eingehend mit dem Klima von Würzburg beschäftigt hat, und wenn er auch keine spezielle Beschreibung desselben geliefert hat, so sind darum seine da und dort gemachten Angaben nicht weniger richtig und wohl geeignet, uns ein klares Bild des Würzburger Klimas zu geben. *Schön* ist auch der einzige, der längere Zeit (27 Jahre) in Würzburg meteorologische Beobachtungen in wissenschaftlichem Geiste angestellt hat.

Schon der spätere Zeitgenosse *Schöns, Ph. Osann,* seit 1828 Professor der Physik und Chemie zu Würzburg, erreicht *Schön* nicht entfernt an Bedeutung. Das, was von ihm an Beobachtungen über die Witterungsverhältnisse von Würzburg vorhanden ist, geht eigentlich nicht über den Charakter von Notizen hinaus. Gelegentlich gibt er die die höchste oder niedrigste Temperatur eines Jahres in einzelnen Artikeln in *Kastners* Archiv an. Für die Klimatologie Würzburgs sind diese kurzen Mitteilungen von keiner Bedeutung; sie stimmen allerdings mit den Angaben *Schöns* ziemlich überein. Die Resultate einer über die Monate Januar bis Juni 1858 sich erstreckenden Beobachtungsreihe finden sich im IX. Bande der „Verhandlungen der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg". Es sind kurze Notizen, welche die Barometermittel auf 0° reduziert und die Extrembeobachtungen am Thermometer enthalten. Aus den Zeitangaben,

Digitized by Google

die sich bei diesen manchmal finden, lässt sich darauf schliessen, dass die Beobachtungsstunden 7^h, 2^h, 9^h. waren. Die Monatssummen der Windrichtungen waren aus einmaligen täglichen (um 12^h) Beobachtungen gewonnen. Ferner ist angegeben, wie oft im Monat der Himmel bewölkt oder heiter war und wie oft es regnete. Weitere Angaben finden sich überhaupt nicht. Auf einzelne Aufsätze *Osanns* über Nordlicht und Ozonometer brauche ich nicht einzugehen.

Mit *Schön* begann jene Periode in der deutschen Meteorologie des 19. Jahrhunderts, die es sich zur Aufgabe machte, auf Grund des vorhandenen reichen Beobachtungsmateriales das Gebäude der wissenschaftlichen Meteorologie aufzuführen. Noch zu Lebzeiten *Schöns* gab *Fr. L. Kämtz* in Halle sein „Lehrbuch der Meteorologie" heraus, dessen Beobachtungsgrundlage zum guten Teil auf den Mannheimer Ephemeriden und deren von *Schön* berechneten Resultaten beruht. Unter den Orten, von denen er Mittelwerte aufführt, ist auch Würzburg. Die Barometermittel fehlen, dagegen sind die Monatsmittel *Schöns* (Witterungskunde, Tafel IV Fortsetzung) für die Temperatur angegeben. (K. II 88) und zwar in C^0. Im ersten Bande behandelt *Kämtz* die Winde und bringt auch hier die Verteilung der Windrichtungen nach Monaten[1]), allerdings nicht, wie es jetzt üblich ist, auf 100 oder 1200 Beobachtungen reduziert, sondern auf 1; die Gesammtsumme aller Windrichtungen = 10. Bedeutet also s die Summe der Beobachtungen eines Jahres für eine Windrichtung, so wie ich sie in Tabelle 7 des Anhangs berechnete, k die Zahl, die *Kämtz* gefunden hat, so müsste zwischen meinen Resultaten und denen von *Kämtz* folgende Proportion bestehen: $k : 1 = s : 1200$ oder als Produktengleichung $s = k \cdot 1200$. Ich führte diese Umrechnung durch und es ergaben sich dabei kleine Differenzen zwischen unseren Resultaten. Dies mag daher rühren, dass bei meinen Tabellen die Horizontalsummen aller Windrichtungen manchmal um $\pm$ 0,1 schwankt, was sich aber bei der Reduktion nicht vermeiden liess. (Der höchst zulässige Fehler darf sogar $\pm$ 0,3 betragen!) Oder es wäre möglich, dass *Kämtz* gar nicht auf die Originalbeobachtungen zurückgegangen ist, — weil seine Werte kleiner sind als die meinigen —, sondern gleich die in den Appendices angegeben, oft etwas zu niedrigen Monatssummen benützt hat. Wenigstens bei den übrigen Resultaten von *Kämtz* war dies meist der Fall. Im ganzen aber stimmen die Resultate überein (vergl. die Tabelle). *Kämtz* hat die Reduktion von

[1]) *Kämtz*, Meteorologie I, 224.

Digitized by Google

16 Strichen auf 8 ebenso vorgenommen, wie ich (vergl. K. I. 153). Auch die mittlere Windrichtung[1]) hat *Kämtz* für Würzburg berechnet nach dem Prinzip des Parallelprogramms der Kräfte (vergl. *H. Meyer*, Anleitung zur Bearbeitung meteorologischen Beobachtungen für die Klimatologie 112/113). Aber diese Resultate haben nur mehr historischen Wert. Ferner bringt *Kämtz* noch die monatlichen Regenmittel aus 7jährigen Beobachtungen *Egels*[2]). Diese Resultate stimmen nun gar nicht mit meinen Resultaten, die bei den Jahresmengen auch mit den Werten *Schöns* sich decken, überein. Da dachte ich, *Kämtz* könnte auch hier nicht auf die Originalbeobachtungen zurückgegangen sein, sondern werde die in den Consectaria angegebenen Monatsmengen benützt haben. Eine Nachrechnung bestätigte dies. Noch dazu hatte *Kämtz* übersehen, dass die in den Consektaria angegebenen Werte nicht immer einerlei Bedeutung haben. Er hatte geglaubt, alle Regenhöhen seien in Linien und 64tel-Linien ausgedrückt, infolgedessen überall die Reduktion auf Zehntellinen vorgenommen, auch da, wo die Regenmenge schon in Zehntellinien angegeben war. So kommt es, dass die Werte von *Kämtz* für die mittlere monatliche Regenmenge alle zu niedrig sind. Infolgedessen ist auch alles andere unrichtig, was *Kämtz* aus diesen Werten ableitet. Er konstatiert bei Würzburg allein eine bedeutende Anomalie gegenüber anderen Städten bezüglich der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge. Der Grund, meint er, könne entweder in Lokalursachen liegen oder in einem anomalen Gang gerade in diesen Jahren. Nach den heutigen Messungen ist von einer solchen Anomalie nichts wahrzunehmen. Auch in Würzburg regnet es im Mittel im Sommer am meisten. Da die Würzburger Messungen für 1781—1788 ganz unzuverlässig sind, so ist es müssig, weitere Untersuchungen betreffs dieses Punktes vorzunehmen. Auch die Zahl der Regentage nach *Kämtz* (K. I 492) weicht etwas von den meinigen ab. Ich habe alle Tage mit Niederschlägen irgendwelcher Art unter die Regentage gezählt. Auch hier beruht, wie eine Nachprüfung ergab, der Fehler darauf, dass *Kämtz* nicht auf die Originalbeobachtungen zurückging. Infolge davon und infolge der abweichenden Angaben von *Kämtz* über die Regenmengen müssen dann auch seine Werte für die mittlere tägliche Regenmenge für Würzburg unrichtig ausfallen. Mit Hilfe der Beobachtungen *Egels* hat *Kämtz* auch den Erfahrungssatz, dass bei uns der Westwind der Regenwind sei, zahlenmässig

[1]) *Kämtz*, Meteorologie I, 166 ff.
[2]) Ebenda S. 460.

Digitized by Google

belegt. Beträgt die absolute Zahl der Winde 100 und bezeichnet A die Zahl der Regenfälle, die auf einen Wind kommen, B, wie oft jeder Wind wehen muss, wenn es bei ihm einmal regnen soll, so haben wir folgende Reihe:

	N;	NE;	E;	SE;	S;	SW;	W;	NW.
A:	6.4	3.8	6.2	8.9	16.2	**24.9**	23.0	10.8
B:	8.3	11.2	8.9	5.3	4.4	**4.1**	5.4	6.8

Also der Südwest und der reine West sind unsere Regenwinde. Dagegen leidet die andere Reihe, welche die Punkte der Windrose angibt, bei denen es am seltensten und am häufigsten regnet (Würzburg N 48°0—10.7; S 3° W—3.9) wie die Bestimmung der mittleren Windrichtung an dem Fehler, dass sie womöglich einen Punkt der Windrose angibt, wo es überhaupt nicht regnet oder nicht geregnet hat. Die Mittelwerte der Gewitter bringt *Kämtz* ebenfalls; sie sind durch Division der Summen durch acht (Jahre) gewonnen, nur die Jahreszeitmittel sind in % ausgedrückt. Nur bei Juli und Dezember zeigen sich kleine Differenzen zwischen mir und *Kämtz*.

Über den Wert der Resultate von *Kämtz* gilt im Grunde das, was ich schon über die Mannheimer Ephemeriden und *Schöns* Berechnungen sagte.

Noch ein anderer grosser Meteorologe muss in einer Klimatologie Würzburgs genannt werden; es ist der Münchener Meteorologe und Astronom *Johann v. Lamont*. Er machte im Jahre 1840 den Versuch, die freiwilligen Beobachter im Königreich Bayern in einem „Meteorologischen Verein" zusammenzuschliessen. Sie erhielten auch von der k. Sternwarte in München untereinander verglichene Instrumente. Die Beobachtungen wurden in extenso in *Lamonts* „Annalen für Meteorologie, Erdmagnetismus und verwandte Gegenstände" veröffentlicht. Das Ganze war wohl als Erneuerung der Mannheimer Meteorologischen Gesellschaft gedacht, aber der „Meteorologische Verein" hat sein Vorbild nicht im entferntesten erreicht. Die Annalen hörten schon 1844 wieder zu erscheinen auf. *Lamont* wusste, dass es oft aus persönlichen Gründen recht schwer sei, eine Anzahl bestimmter Beobachtungsstunden einzuhalten. Um diese Schwierigkeiten zu heben und möglichst vielen meteorologische Beobachtungen zu ermöglichen, hat er den Beobachtern die Wahl der Stunden selbst überlassen. Er war der Ansicht, dass zur Berechnung von brauchbaren Mitteln für einen Ort schliesslich nur die Beobachtungen zu einer Stunde des Tages genügten, wenn nur die Differenzen zwischen dieser Station und einer Normalstation und die stündlichen Werte

Digitized by Google

dieser Normalstation gegeben seien. Zu diesem Zwecke veröffentlichte er die stündlichen Beobachtungen von München und für die einzelnen Stationen die Differenzen der jeweiligen Terminbeobachtungen mit den betreffenden Beobachtungen in München. Aber wenn auch das Lamontsche Prinzip bezüglich der annähernden Gleichheit der Differenzen verschiedener klimatisch ähnlich gelegener Orte richtig ist, so ist doch die vermehrte Menge der Beobachtungen durch Verzicht auf bewährte Beobachtungsstunden zu teuer erkauft. In dem Masse parallel ist der Gang der Temperatur an verschiedenen Orten doch nicht, dass Mittelwerte aus beliebigen Stundenbeobachtungen, in Beziehung gesetzt zu den Mitteln einer Normalstation, brauchbare Resultate liefern könnten. Von diesen Gesichtspunkten aus sind die Beobachtungen des Würzburger Mitgliedes des „Meteorologischen Vereines", des Artilleriehauptmanns Dr. *J. Riepertinger*, zu betrachten. *Lamont* hat auch für die Mitglieder des meteorologischen Vereins eine Instruktion[1]) herausgegeben, die sich im wesentlichen mit der *Hemmers* deckt, nur nicht so ausführlich ist. Der Luftdruck und Dunstdruck wird in Pariser Zollen und Linien ausgedrückt; die Windstärke durch vier Grade, die sich mit der vierteiligen Mannheimer Skala decken; ebenso kann die Bevölkerungsskala (0—4) *Lamonts* ohne weiteres mit der umgerechneten Mannheimer Skala identifiziert werden.

Riepertinger hat eine kurze Beschreibung der Aufstellung seiner Instrumente geliefert, die *Lamont* als eine günstige bezeichnet; sie enthält etwa folgendes[2]): „*Riepertinger* beobachtete mit Instrumenten der Sternwarte in seiner Wohnung in der Stadt in einer Strasse, die 36 Schritte breit ist und die Richtung genau von Westen nach Osten hat. Das Thermometer hing gegen Norden, einen Fuss von der Aussenmauer eines ungeheizten Zimmers (aber wohl ohne Beschirmung) entfernt. *Lamont* hatte, wie früher *Egel*, gewünscht, die Instrumente möchten auf dem für Witterungsbeobachtungen vorzüglich geeigneten Marienberg aufgestellt werden, und das Psychrometer war auch für einen Barometerstand von 325 Linien geteilt worden, aber es ist ein frommer Wunsch geblieben. Zum erstenmal hören wir jetzt in Würzburg etwas von Psychrometerbeobachtungen und zwar geschehen sie mit dem von *Lamont* eigens konstruierten, dessen Skala so geteilt war, dass die Grösse des Dunstdruckes unmittelbar einfach durch Subtraktion zweier Zahlen gewonnen werden konnte. *Lamont* be-

[1]) *Lamonts* Annalen 1841.
[2]) Ebenda 1842, 4. Heft XVI.

Digitized by Google

schrieb dieses Psychrometer und dessen Benützung in *Lamonts* Annalen 1842 I, 57 ff.

Die Beobachtungen in Würzburg begannen mit dem Monat Mai 1841. Sie umfassten Barometer, Thermometer und Psychrometer, Windrichtung und Bewölkung und zwar in den Monaten Oktober mit April zu den Stunden 8 . 12 . 7., in den Monaten Mai mit September zu den Stunden 6 . 12 . 7.

Es ist kaum möglich, aus den in extenso vorhandenen Barometer-, Thermometer- und Psychrometerangaben brauchbare Mittelwerte abzuleiten. *Lamont* hat allerdings für das Jahr 1841 die Differenzenmittel mit München für die drei Beobachtungstermine zusammengestellt (Barometer-, Thermometer- und Psychrometermittel für Mai bis Dezember 1841). Es wäre höchstens möglich, aus diesen Mitteln wahre Tagesmittel zu bilden, wenn es für Würzburg stündliche registrierende Beobachtungen dieser drei klimatischen Faktoren gäbe. Da dies aber nicht der Fall ist, so ist auch eine Reduktion auf wahre Mittel nicht durchführbar. Auch die Reduktion auf die Münchener wahren Mittel würde nur Werte liefern, die den heutigen Ansprüchen auf Exaktheit der Resultate nicht genügen könnten. Da die Beobachtungen im ganzen auch nur 20 Monate umfassen, so wäre schon deshalb ein näheres Eingehen auf sie kaum der Mühe wert.

Etwas anders verhält sich die Sache bei den Beobachtungen der Windrichtung und der Bewölkung. Bei der Bewölkung ist die Wahl der Tagesstunden, sofern nur eine Beobachtung auf den Morgen, eine auf den Nachmittag und eine auf den Abend fällt, von geringem Belang. (Vergl. *Meyer*, Anleitung etc. 107.) Bei der Windrichtung wirkt die Nichteinhaltung der Mannheimer Stunden schon störender. Ich habe die Windrichtung und die Bewölkung auf dieselbe Weise berechnet wie bei den Mannheimer Ephemeriden. Auch bei den Windrichtungen ist eine Vergleichung mit älteren oder neueren Reihen nicht möglich. Es geht aber doch aus den zweijährigen Reihen das Vorherrschen der Westwinde deutlich hervor. Die Jahresmittel der Bewölkung erscheinen für 1841 und 1842 etwas niedriger als die Mittel von 1781—1788. Gleichwohl ist auch hier der Dezember der trübste Monat für Würzburg.

Wegen der Kürze der Beobachtungsreihe und der unbrauchbaren Stundenkombination, die sich ohne registrierende Beobachtungen nicht auf wahre Mittel reduzieren lässt, sind leider auch die Beobachtungen *Riepertingers* wenig brauchbar. Interessant aber ist diese kurze

Digitized by Google

Episode in der Klimatologie Würzburgs wegen des Hereinspielens *Lamonts*.

Auch der letzte der grossen deutschen Meteorologen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, *Heinrich Dove*, darf in der Klimatologie Würzburgs nicht übergangen werden. In seiner Abhandlung „über die nichtperiodischen Änderungen der Temperaturwerte auf der Oberfläche der Erde“ [1]) ist als 660. von den Orten, deren Monatsmittel er veröffentlicht, auch Würzburg genannt und zwar bringt er die Temperaturmittel in R° von 1781—88 und 1813—17 nach *Schöns* Witterungskunde, für 1824 und 1825 *Schöns* Mittel aus *Kretschmars* Zeitschrift; ferner für die Jahre 1818, 1822, 1827, 1831—1834 die Temperaturmittel immer für die Monate Mai mit September ohne Angabe, woher er diese Mittel gewonnen hat. Als ich *Doves* Werte mit den Originalresultaten *Schöns* für die Zeit von 1818—1834 verglich, stellte sich heraus, dass eben die Mittel dieser Periode durchaus nicht mit den Mitteln *Schöns* übereinstimmten. Den Grund konnte ich nicht herausbekommen. Vielleicht liegt ein Versehen oder eine Verwechselung vor. Auch sonst zeigten sich bei *Dove* kleine Fehler. So hat *Schön* die Jahresmittel von 1787 und 1788 in seiner Tabelle miteinander verwechselt, *Dove* natürlich auch. Bei den Märzmitteln von 1815 und 1817 ist *Dove* oder einer seiner Mitarbeiter bei der Abschrift aus *Schöns* Tabellen 1815 in die Kolumne der Kälteextreme geraten und hat statt + 8.47° R — 0.5° R geschrieben und 1817 geriet er gar in die Kolumne des mittleren Barometerstandes und schrieb statt 4.27° mit Weglassung der Zolle 5.91° (27″ 5‴, 912). Aus diesen Gründen sind die aus allen Reihen von ihm berechneten Monatsmittel vollkommen falsch. Dieselbe falsche Reihe mit Angabe der jahreszeitlichen Mittel ($\frac{1}{3}$ [Dezember, Januar, Februar] etc.) und des Unterschiedes des wärmsten und kältesten Monats bringt *Dove* noch einmal in seinen „Temperaturtafeln“ (Abhandl. Akademie Berlin 1848 S. 34—35) sowie in seiner Abhandlung [2]): „Die Verbreitung der Wärme auf der nördlichen Erdhälfte dargestellt durch Isothermen in der Polarprojektion“. Die Angaben über die geographische Lage und Meereshöhe sind nach *Kämtz* gemacht; ebenso hat *Dove* die in den „klimatologischen Beiträgen“ I 1857 (Abhandlung „über die Verteilung des Regens auf der Oberfläche der Erde“) niedergelegten monatlichen und jahreszeitlichen Regenmittel von Würzburg aus *Kämtz* entlehnt.

[1]) Abhandlungen d. Akad. Berlin 1845, S. 282.

[2]) *H. Dove*, Klimatologische Beiträge II, 1869.

Digitized by Google

Die beiden Reihen über die monatlichen und jahreszeitlichen Temperaturmittel nach *Dove*[1]) und die Regenmittel[2]) nach *Kämtz-Dove* sind dann auch in das Lehrbuch der Meteorologie von *Ernst Erhard Schmid* (Leipzig 1860) übergegangen. Auch enthält dieses Buch[3]) die monatlichen, unmittelbar aus *Schöns* Witterungskunde entnommenen mittleren Barometerstände von Würzburg.

Ebenfalls auf *Schön* gehen zurück (wenn es auch nicht angegeben ist) die Angaben, die sich „Bavaria (III 73), Landes- und Volkskunde des Königreichs Bayern" in dem Abschnitte: „die klimatischen Verhältnisse der drei fränkischen Kreise" von *Ph. Carl* finden. Er verweist ausdrücklich auf die Mannheimer Ephemeriden und *Schöns* Witterungskunde als ältere Quellen, scheint sie aber nicht angesehen zu haben; denn er bringt die aus *Kämtz* und *Dove* entliehenen Werte. Zum Vergleich führt er die klimatischen Mittelwerte einer Reihe von Städten an, wonach Würzburg in bezug auf die Temperatur eine Mittelstellung zwischen Hof und Aschaffenburg, doch näher an diesem, einnimmt. Wenn er sich dabei auch nicht auf gleiche Perioden stützt, so ist dies doch richtig. Dann bringt *Carl* die Abweichungen der monatlichen Mittel vom Jahresmittel (nach *Dove* berechnet, also falsch), die Differenzen mit München, von *Carl* selbst berechnet nach den Reihen für München und Würzburg (aus *Dove*). Aber er gesteht selbst zu, dass die Instrumente nicht alle verglichen waren, und wir können hinzufügen, dass die Resultate nicht aus gleichzeitigen Perioden stammen; deshalb sind sie nicht streng vergleichbar. *Carl* erwähnt die gefürchteten Kälterückfälle im Mai (die Maifröste), die auch in Franken eine üble Rolle spielen. In der Tafel der Windverteilung fehlt Würzburg, dafür feiern die Hygrometermittel *Schöns* und die jahreszeitlichen Mittel der Verdunstung nach *Schön-Kämtz* für Würzburg noch einmal ihre Auferstehung. Aus ihnen wird noch einmal der alte Satz abgeleitet, dass die relative Feuchtigkeit im Sommer am kleinsten sei und im Laufe des Tages am Mittag. Die Bewölkung, behauptet *Carl*, ist im Sommer am geringsten. Das ist aber nur bedingt richtig. Auch die vielen Nebel in Franken im Herbst werden erwähnt. Die Höhe des „meteorischen Wassers" in Monats- und jahreszeitlichen Mitteln ist aus *Kämtz* entnommen. Die Regenmenge ist im Sommer am grössten; das Maximum ist Ende Juni, anfangs Juli; der September ist gewöhnlich heiter und trocken. Den meisten Regen bringen die Westwinde; der Westen ist das Wetterloch. Die

[1]) [2]) [3]) *Schmid* 354.55, 714.15, 860.

Digitized by Google

Häufigkeit der Gewitter ist in Mittelwerten nach *Kämtz* angegeben; die jahreszeitlichen Mittel für die Gewitter auch nach *Kämtz* als einfache Summen aus je drei Monaten. Auch die monatlichen Luftdruckmittel aus den Tabellen von *Schön* sind übernommen. Diese Mittel, ganz in Pariser Linien angegeben, weichen für September mit Dezember um eine bis zwei Zehntellinien von meinen Resultaten ab. Die Ursache ist in kleinen Rechenfehlern *Schöns* bei der Addition der einzelnen Monatsmittel zu suchen. Auffällig ist, dass *Carl* eine jährliche Periode des Barometerganges ablehnt. Zum Schluss spricht er die Ansicht aus, dass zu einer detaillierten, wissenschaftlichen Kenntnis des fränkischen Klimas das bisher gesammelte Material noch unzureichend sei. Was hier für Franken im allgemeinen gesagt wird, hat auch für Würzburg im besonderen seine Richtigkeit.

Vor dem Zeitpunkte der Errichtung einer meteorologischen Station liegen endlich noch gedruckte Reihen vor für die Jahre 1871 mit 1878. Sie sind enthalten in einzelnen Bänden der Verhandlungen der physikalisch-medizinischen Gesellschaft in Würzburg, zusammengestellt von dem damaligen k. Bezirksarzt Dr. *Ottmar Hofmann*. Er verfasste ähnlich wie *Horsch*, den er ausdrücklich als Vorgänger erwähnt, eine medizinische Statistik für die Periode 1871 bis 1875, dann für die Jahre 1876, 1877 und 1878[1]). Den einleitenden Teil dieser Abhandlungen bilden die meteorologischen Verhältnisse der betreffenden Zeitabschnitte. Die geographische Länge von Würzburg gibt er an zu 27° 35′ 45″ O von Ferro und die geographische Breite zu 49° 35′ 45″ N; die Seehöhe zu 172 m, die Höhe des Mainspiegels zu 165.42 m über dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels. *Hofmann* geht jedesmal näher ein auf den Witterungsverlauf des betreffenden Jahres. Im Gegensatz zu *Horsch*, der die Kessellage der Stadt als dem Luftzug hinderlich hinstellt, meint *Hofmann*, dass gerade durch die Kessellage, die nur von Süden und Westen der Luft ungehindert Zutritt gestattet, Gelegenheit zu häufigem Luftzug gegeben ist. Gegen diese Ansicht sprechen aber die häufigen Windstillen, die gerade Würzburg nach den neueren Reihen zu verzeichnen hat. Auch er gibt an, dass die Wintertemperatur niedriger, die Sommertemperatur höher sei als in anderen Orten mit gleicher, mittlerer Jahrestemperatur, aber freierer Lage, wie z. B. Aschaffenburg. Daran ist aber nur die dem Luftzug hinderliche Kessellage der Stadt schuld, wie *Horsch* richtig auseinander gesetzt hat. Für

[1]) Verhandl. d. physik.-med. Gesellschaft Bd. XI, XII, XIII, XV.

Digitized by Google

1871—75 finden sich Tabellen über die monatlichen Temperatur- und Barometermittel. Zum Vergleiche setzt *Hofmann* die Monatsmittel *Schöns* bei. Die Temperaturmittel sind durchaus niedriger als die *Schöns*. Der Grund liegt, wie ich gleich im voraus bemerken will, in der Wahl der Beobachtungsstunden. Die Barometermittel sind noch niedriger, infolge dessen noch verdächtiger als die *Schöns*. Die Barometermittel und die Thermometermittel sind wie die Windrichtungen und die Bewölkung nach den Beobachtungen eines Herrn *Heller*, Hofgärtners im k. Residenzgarten zu Würzburg berechnet. Für die Windrichtungen gibt *Hofmann* an, dass sie auf 1000 Beobachtungen jährlich reduziert seien. Die Bewölkung ist nur soweit berücksichtigt, als die jährliche Summe der heiteren, teilweise bedeckten und trüben Tage angegeben ist. Bei den Niederschlägen findet sich angegeben die Zahl der Tage mit Regen, Schnee, die Regenhöhe für die einzelnen Monate des Jahres (fälschlich nach *Schön*) nach *Kämtz*, ebenso die durchschnittliche Zahl der Gewitter und die jahreszeitlichen Mittel der Verdunstung, gleichfalls alles nicht von *Schön*, sondern von *Kämtz* berechnet. Die Bemerkungen über den „Monatlichen Gang der meteorologischen Verhältnisse von Würzburg im Jahre 1876" sind schon etwas reichhaltiger. Es wird angegeben das Monatsmittel der Temperatur, das mittlere monatliche Maximum und Minimum, alles nach Réaumur, dieselben Werte für den Luftdruck (zum ersten Male in Millimetern), die Dunstdruckmittel in mm und die relative Feuchtigkeit. Die Regenmengen für die einzelnen Monate, die Verdunstung im Schatten wurden ebenfalls berechnet. Sogar Angaben über den mittleren monatlichen Ozongehalt der Luft werden gemacht; weiter wird die Zahl der Winde für jeden Monat nach täglich dreimaliger Beobachtung angegeben. Zu den Barometer- und Thermometermitteln, sowie zu den Regenmengen werden die Reihen *Schöns* immer zum Vergleiche hinzugesetzt. Dasselbe Bild zeigen die Tabellen für das Jahr 1877. Für das Jahr 1878 sind sie etwas anders. Die Temperaturen wurden in diesem Jahre von *Hofmann* selbst mit einem vor seiner Wohnung (Haugerring 10) nach Norden frei hängenden Maximal- und Minimal-Thermometer beobachtet, berechnet nach der Formel $\left(\frac{\max + \min}{2}\right)$. Ferner sind die absoluten Extreme für jeden Monat angegeben, sowie die tägliche Schwankung (Mittel, Maximum und Minimum). Auch für den Luftdruck sind jetzt die Maxima und

Digitized by Google

Minima noch angegeben, ebenso für den Dunstdruck und die relative Feuchtigkeit.

Aber mit all diesen Beobachtungen schien wenig anzufangen zu sein, da fast jede Angabe über die Instrumente, ihre Aufstellung, die Beobachtungsweise und die Art der Berechnung der Beobachtungen fehlte. Nachforschungen bei dem jetzigen Hofgärtner, bei Verwandten und früheren Untergebenen des Hofgärtners *Heller*, auf dessen Beobachtungen die meisten Werte *Hofmanns* beruhten, hatten wenig Erfolg. Ich erfuhr nur soviel, dass *Heller* früh, mittags und abends beobachtete und dass seine Instrumente an einem Nordfenster seiner im Hofgarten gelegenen Wohnung aufgehängt gewesen seien. Da machte mir der Sekretär der Universitätsbibliothek in Würzburg, Herr Dr. *Handwerker*, die Mitteilung, dass in den Sammlungen des historischen Vereins für Unterfranken sich ein Manuskript befinde, welches die „Witterungsbeobachtungen aus dem kgl. Hofgarten in Würzburg vom 1. Januar 1827 bis 31. Dezember 1893" enthalte. Der Güte des derzeitigen Vorstandes des historischen Vereins, Herrn Universitätsprofessor Dr. *Henner*, verdanke ich es weiter, dass ich das umfangreiche Manuskript zur Ansicht erhielt. Doch die Ausbeute war keine grosse. Angaben über die Aufstellung der Instrumente oder über diese selbst waren gar keine gemacht. Durch Nachforschungen brachte ich heraus, dass zwei *Heller*, Vater und Sohn, als Hofgärtner des Würzburger Residenzgartens Witterungsbeobachtungen angestellt hatten. *Anton Heller*, geb. 1782, beobachtete von 1827 bis zu seinem 1850 erfolgten Tode, sein Sohn *Joseph Heller*, geb. 6. Januar 1829 zu Würzburg, setzte die Beobachtungen bis 1901 fort. Er starb zu Würzhurg 17. November 1902. Anfangs beobachtete *A. Heller* nur das Thermometer, die Windrichtung und die Witterung. Die Beobachtungen über die Windrichtung fehlen öfter. April 1827 findet sich die Angabe, dass die Windrichtung nach einer vom Garten aus sichtbaren Schlossfahne bestimmt wurde. Sie wurde in acht Strichen angegeben. Seit 1855 wird die Windrichtung zu den drei Beobachtungszeiten regelmässig angegeben. Aber diese selbst wechseln sehr oft. Anfangs geschehen die Beobachtungen um 7^h morgens, 12^h mittags und 7^h Uhr abends. Es wird immer angegeben der Thermometerstand und die Witterung der vorausgegangenen Zeit (ob stille oder stürmisch, ob trüb oder hell, Regen etc.). 1828 finden sich Angaben über Glatteis, Überschwemmungen, Hagel und Gewitter. Vom Mai 1829 bis März 1838 verzeichnet *A. Heller* die Summen aller Wärme- und Kältegrade im Monat. Seit Mai 1852 tritt ein Wechsel

Digitized by Google

in den Beobachtungszeiten ein: Mai bis August wird zu den Stunden 5, 1(2), 6 beobachtet; September bis November 6, 1, 5; Dezember bis Februar 7, 1, 5; März bis Mai 6, 1, 6; diese Kombination 6, 1, 6, wird von 1864 an, wo *J. Heller* gedruckte Formulare zu benützen anfängt, endgültig beibehalten; ob er sich aber immer daran gehalten hat, ist sehr fraglich. Juni 1855 macht er zum erstenmal Beobachtungen mit einem in Pariser Linien geteilten Barometer; die Angaben der Windrichtungen fehlen jetzt nicht mehr. Seit 1876 erscheinen auch die Mittelwerte für Barometer und Thermometer, die dann eben *Hofmann* für seine Tabellen verwendet. 1882 beginnt *J. Heller* im Hofgarten Beobachtungen der Erdwärme in 2 und in 3 m Tiefe anzustellen. Das ist alles, was in den Beobachtungen der beiden *Heller* zu finden war. Wegen der schwankenden und an sich schon unbrauchbaren Stundenkombination sind die Barometer- und Thermometerbeobachtungen völlig wertlos. Als Gärtner hatten die beiden *Heller* eben nicht die Absicht, wissenschaftlich verwertbare Beobachtungen zu liefern. Es lag nahe, die Beobachtungen *J. Hellers* seit 1880 mit den Beobachtungen der meteorologischen Station zu vergleichen, aber das Resultat war natürlich kein zufriedenstellendes. Nur die Windrichtungen stimmten einigermassen überein. Verwendbar sind dann höchstens noch die Angaben über die Schneetage. Im übrigen sind die Beobachtungen *Hellers* unbrauchbar. Was von den Beobachtungen gilt, gilt dann auch von den Resultaten *Hofmanns*. Die Barometer- und Thermometermittel hat *Heller* selbst immer berechnet und zwar als arithmetisches Mittel aus den Terminbeobachtungen. Die Regenmengen, die *Hofmann* angibt, sind nach den Aufzeichnungen des k. Strassen- und Flussbauamtes berechnet und entsprechen den heutigen Werten. Dagegen ist mit den Angaben über Dunstdruck, relative Feuchtigkeit, über Himmelsbedeckung gar nichts anzufangen. Die Windrichtungen habe ich nach der gewöhnlichen Weise auf 100 Beobachtungen im Monat reduziert. Auch die beiden *Heller* haben keine Windstillen beobachtet. Für die Jahre 1876 mit 1878 bringt *Hofmann* noch den wöchentlichen Gang des Barometers, des Thermometers und der relativen Feuchtigkeit. Bei der Temperatur wird die mittlere beobachtete Wochentemperatur berechnet und mit der mittleren Normaltemperatur jeder Woche verglichen. Diese Normaltemperatur ist berechnet aus der Abweichung der täglichen mittleren Temperatur von der mittleren Jahrestemperatur Würzburgs. Doch ist es schon seit *Humboldts* Zeiten Sitte, dass man nach Pentaden rechnet, wenn man den Thermometergang genauer, als dies Monatsmittel gestatten, angeben

Digitized by Google

will. Wenn auch die Berechnungen *Hofmanns* im übrigen richtig sind, so entsprechen doch die zu Grunde liegenden Beobachtungen in keiner Weise den notwendigen Anforderungen auf Brauchbarkeit. Dagegen ist anzuerkennen, dass *Hofmann* versucht hat, den Gang der wichtigsten meteorologischen Verhältnisse für die einzelnen Jahre auf Millimeterpapier graphisch darzustellen und zwar nicht wie *Schön* in Kurven, obwohl *Hofmann*, der den wöchentlichen Gang graphisch darstellt, dies eher hätte tun können.

Zum grossen Teil auf den Beobachtungen *J. Hellers* beruhen auch noch die Werte, die der k. Kreismedizinalrat Dr. *Gregor Schmitt* in der medizinischen Statistik der Stadt Würzburg für die Jahre 1880 und 1881 angibt[1]). Die Luftdruck- und Temperaturmittel sind noch nicht nach den Beobachtungen der am 1. Januar 1880 eingerichteten meteorologischen Station berechnet sondern nach den Beobachtungen *Hellers*. Immer noch werden die alten Reihen von *Schön* und *Kämtz* zum Vergleich herangezogen. Die Beobachtungen der relativen Feuchtigkeit geschahen mit dem Koppeschen Prozent-Hygrometer mit Justiervorrichtung; die Regenmengen werden angegeben nach den Aufzeichnungen des kgl. Strassen- und Flussbauamtes. Im übrigen unterscheidet sich diese Übersicht über die meteorologischen Verhältnisse für 1880/81 nicht von denen *Hofmanns*. Nur macht *Schmitt* noch einige phänologische Bemerkungen. Mit *J. Heller* schliesst die zweite Periode in der Klimatologie Würzburgs. Am 1. Januar 1880 begannen die Beobachtungen an der meteorologischen Station Würzburg und mit diesem Zeitpunkte beginnt die dritte Periode in der Klimatologie Würzburgs, die von ganz anderen Gesichtspunkten aus betrachtet werden muss als die beiden ersten Perioden. Überschauen wir diese noch einmal, so müssen wir sagen, dass trotz redlichen Strebens nur wenig nach modernen Begriffen Brauchbares erzielt worden ist. Von dem einzigen *Schön* vielleicht abgesehen, entspricht kein Beobachter den Anforderungen, welche die moderne Klimatologie an brauchbare Beobachtungen stellen muss. Und woher kommt das? *Lamont* gibt darauf die Antwort, wenn er einmal sagt: „In keinem Zweige der Wissenschaft ist soviel umsonst gearbeitet worden, wie in der Meteorologie. Wir besitzen Tausende von meteorologischen Aufzeichnungen, aus denen schlechterdings kein Resultat zu gewinnen ist. Die einen haben ihre Instrumente so aufgestellt, dass sie teilweise dem direkten oder reflektierten Einflusse

[1]) Verhandl. d. physik.-med. Gesellschaft Bd. XVII.

Digitized by Google

der Sonnenstrahlen ausgesetzt waren; viele haben auf die Temperatur des Quecksilbers im Barometer keine Rücksicht genommen; der grösste Teil der Beobachter hat nicht die Ausdauer besessen, ohne Änderung der Instrumente oder der Beobachtungsweise auf eine längere Reihe von Jahren ihre Aufzeichnungen fortzusetzen; endlich kommt noch der Hauptübelstand hinzu, dass unter 20 Beobachtern kaum einer zu finden ist, der sich von der Richtigkeit seiner Instrumente und der Vergleichbarkeit seiner Resultate mit denen anderer Beobachtungen versichert hätte".

Seit 1. Januar 1880 ist also Würzburg eine Station zweiter Ordnung. Es fällt nicht mehr in den Rahmen meiner Aufgabe, eine Klimatologie Würzburgs in ihrer Entwickelung zu schreiben, auch auf die Beobachtungen der Station Würzburg näher einzugehen. Betreff des Instrumentariums verweise ich einfach auf Jahrgang 1879 der „Beobachtungen der meteorologischen Stationen im Königreich Bayern; betreff des Beobachtungsmodus auf die „Instruktion für die Beobachter", betreff der Stationsbeschreibung von Würzburg auf Jahrgang 1880 der Beobachtungen. Auch die Methoden, welche die moderne Meteorologie bei Prüfung und Berechnung der Beobachtungen anwendet, sollen hier nicht auseinandergesetzt werden. Ich will im folgenden lediglich auf die zusammenfassenden Darstellungen über die Würzburger klimatischen Verhältnisse etwas eingehen, die auf den Beobachtungen der meteorologischen Station beruhen. Diese selbst zu revidieren und zu berechnen ist nicht mehr meine Aufgabe. Da kämen zunächst wieder in Betracht die medizinischen Statistiken der Stadt Würzburg[1]), wie sie von 1882 bis 1897 der kgl. Bezirksarzt Dr. *J Röder* in den einzelnen Bänden[1]) der „Verhandlungen der physikalisch-medizinischen Gesellschaft" zusammengestellt hat. Die „Übersicht über die meteorologischen Verhältnisse" bietet wenig Originelles: Alle Resultate beruhen eben auf den Beobachtungen der meteorologischen Station, nur dass immer noch die Werte *Schöns* und *J. Hellers* zu einem sehr problematischen Vergleiche herangezogen werden.

Die medizinische Statistik für die Jahre 1898—1902[2]) ist von Dr. *Fr. Kas. Stubenrath,* Privatdozent und Physikatsassistent. Seine Übersicht über die meteorologischen Verhältnisse ist etwas reichhaltiger als die seiner Vorgänger. So bringt er auch die Tage mit

[1]) Bd. 17, 20, 21, 23, 25, 27, 30, 32.
[2]) Ebenda Bd. 34.

Digitized by Google

Niederschlägen aller Art; doch hält auch er die teilweise nach *J. Heller* berechneten langjährigen Barometer- und Thermometermittel für so zuverlässig, dass er sie mit den neueren Werten zu einem 27jährigen Barometermittel von 744,9 mm und einem 35jährigen Thermometermittel von 9.05° C vereinigt. Für den Nullpunkt des Würzburger Mainpegels gibt er endlich einmal einen Anhaltspunkt. Danach lag die Höhe des Mainwassers bei mittlerem Wasserstande, gemessen an dem Pegel beim Krahnen, 166,310 m über dem Nullpunkte des Amsterdamer Pegels (also 166,496 m über N. N.) seit der Mainkorrektion 1888 1.14 m tiefer, also 165.17 m über dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels (165.256 m über N. N.).

Für 1903/1904 hat der kgl. Bezirksarzt Dr. *Hofmann* die medizinische Statistik aufgestellt. Die Beobachtungen der meteorologischen Station Würzburg sind enthalten in den einzelnen Bänden der Beobachtungen der meteorologischen Stationen im Königreich Bayern. Hier befinden sich auch die Mittelwerte für alle beobachteten meteorologischen Verhältnisse. Erwähnen will ich, dass in Bayern die Stundenkombination 8^ha. 2^hp. 8^hp. [1]) bis zum 1. Januar 1901 verwendet wurde. Die Thermometermittel wurden nach der Formel $\left(\frac{8+2+8+\text{min.}}{4}\right)$ berechnet, die aber um 0°.4—0°.5 C zu niedrige Werte ergibt. Seit 1. Januar 1901 werden die Temperaturmittel nach der Formel $\left(\frac{7+2+2.9}{4}\right)$ berechnet. Schon *Schön* hat diese Kämtzsche Kombination als die relativ beste empfohlen.

Auf die Beobachtungen der meteorologischen Station Würzburg geht auch die einzige neuere Übersicht über das Klima Würzburgs zurück. Es ist dies das Kapitel über die Klimatologie Würzburgs von *Heydweiller* in der Festschrift der Stadt Würzburg für die 18. Versammlung des Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1892. Da *Heydweiller* auch die wichtigsten Mittelwerte anderer bayerischer Stationen für die gleiche Periode 1880—1890 zum Vergleiche heranzieht, so erhalten wir ein exaktes, wenn auch nur auf einen Zeitraum von zehn Jahren gestütztes Bild des Würzburger Klimas, die einzige Schilderung, die wir bis jetzt haben.

Temperaturmittel Würzburgs aus langjährigen Reihen sind noch enthalten in zwei Arbeiten, die von Mitarbeitern der meteorologischen Zentralstation München verfasst wurden. Es sind dies *Singers*

[1]) Wurde auch von der k. Sternwarte in Hamburg benützt.

Digitized by Google

„30jährige Temperaturmittel von Süddeutschland“ [1]) und *Boedls* „Temperaturmittel für Bayern für die Zeit von 1880—1890“ [2]). *Singer* will mit seiner Arbeit den Anschluss an *Hanns* „Temperaturmittel der österreichischen Alpenländer“ herstellen. Aber *Singer* (und *Boedl*) berechnen die Temperaturmittel nach der Kombination $\frac{\max + \min}{2}$; seine Mittel sind also mit den Mitteln *Hanns* aus aus der Kombination $\left(\frac{7 + 2 + 9 + 9}{4}\right)$ nicht absolut vergleichbar. *Singer* hat in der heutzutage in der Meteorologie üblichen Weise die mittleren Maxima und Minima aller Stationen untereinander kritisch verglichen und revidiert und kürzere Reihen auf die Normalperiode 1851—1880 (nach dem Vorgang *Hanns*) reduziert. Die mittleren Monatsmaxima und Minima von Würzburg sind von *Singer* nach den Beobachtungen von Kissingen und Bayreuth geprüft und dann auf die Normalperiode 1851—80 mit Hilfe der sehr verlässigen Reihen von Bayreuth reduziert worden. Demnach sind die Monatsmittel Würzburgs aus der Periode 1851—80 nach der Kombination $\left(\frac{\max + \min}{2}\right)$ folgende:

Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Dezbr.	Jahr.
−0.7	0.8	4.4	9.5	13.1	17.4	18.8	18.4	14.7	9.3	3.3	−0.2	9.1

Diese „rohen“ Mittel reduzierte *Singer* auf „wahre“ Mittel und erhielt folgende Reihe für Würzburg:

Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Dezbr.	Jahr.
−0.5	0.7	4.1	9.2	13.2	17.4	18.7	18.1	14.4	9.4	3.5	0.2	9.0

Boedl berechnete die Temperaturmittel für Bayern aus der Periode 1880—1890 in derselben Weise wie *Singer*. In bezug auf die mittleren Differenzen der Maxima und Minima zwischen Würzburg einerseits und Nürnberg-Bayreuth andererseits ergeben sich keine störenden Unterschiede zwischen seinen Werten und denen *Singers*.

Dasselbe Verfahren, nach dem Dove-Lamontschen Prinzip die mittleren Maxima und Minima von Würzburg nach denen anderer, ähnlich gelegener Orte (Bayreuth, Kissingen) zu prüfen und zu verbessern, wendet *A. Knörzer* an in seiner Schrift: „Die Temperaturmittel Würzburgs von 1880—1903, revidiert nach den Beobachtungen von Bayreuth und Kissingen nebst Reduktion der Singerschen Werte (1851—1880) auf die Formel $\frac{1}{4}$ (7^h a + 2^h p + 2 . 9^h p). Ein Beitrag

[1]) Beobachtungen d. met. Stationen im K. Bayern 1888.
[2]) Beobachtungen d. met. Stationen im K. Bayern 1891.

Digitized by Google

zur Klimatologie Würzburgs". Eichstätt 1904. *Knörzers* Arbeit ist also in ihrem ersten Teil eine Zusammenfassung und Erweiterung der Arbeiten *Singers* und *Boedls* speziell für Würzburg. Er gibt an, dass das Jahresmittel der Würzburger Maxima nur übertroffen werde von dem der Stationen im Untermaingebiet und in der Vorderpfalz. Dadurch würde der Ruf Würzburgs als eine der heissesten Städte Deutschlands bestätigt werden. Aus den mittleren Monatsmaxima von Würzburg, revidiert nach Kissingen, und den mittleren Monatsminima, korrigiert nach Kissingen, berechnet *Knörzer* die mittlere Monatstemperatur von Würzburg für die Periode 1880 bis 1903 incl.

Im zweiten Teil seiner Arbeit versucht *Knörzer* die aus $\left(\frac{\max + \min}{2}\right)$ gewonnenen Mittel *Singers* in solche nach der Formel $\left(\frac{7 + 2 + 2 \cdot 9}{4}\right)$ zu verwandeln, um unmittelbare Vergleichbarkeit mit den Mitteln *Hanns* zu ermöglichen. Er vereinigt die Mittel aller derjenigen süddeutschen Stationen, von denen Mittel aus $\left(\frac{\max + \min}{2}\right)$ (*Singer*) und Mittel nach $\left(\frac{7 + 2 + 2 \cdot 9}{4}\right)$ (*Hann*) vorliegen, zu einem Gesamtmittel und bildet dann die Differenzen der beiden Kombinationen. Diese Differenzen sind dann den nach $\left(\frac{\max + \min}{2}\right)$ berechneten Mitteln hinzuzufügen, worauf man Mittel nach der Kombination $\left(\frac{7 + 2 + 2 \cdot 9}{4}\right)$ erhält. So verfährt er auch bei den Würzburger Mitteln. Zu den Singerschen „rohen" Mitteln addiert er die gefundenen mittleren Differenzen und erhält so für Würzburg folgende Reihe:

	Jan. (0.8)	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr.
S.	−0.7	0.8	4.4	9.5	13.1	17.4	18.8	18.5	14.7	9.3	3.3	−0.2	9.1
m Diff.	0.4	0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	0 3	0.2	0.4	0.2	0.4	0.3	0.3
K.	−0.4	1.0	4.5	9.7	13.4	17.9	19.1	18.7	15.1	9.5	3.7	0.1	9.4

Mir erscheinen die Werte für August mit Oktober etwas hoch aus verschiedenen Gründen. *Knörzer* berechnet als Augustmittel für 1880—1903 $\left(\frac{\max + \min}{2}\right)$ 17.8; dazu die mittlere Differenz addiert ergiebt erst 18.0. Auch für September (14.5 + 0.4) und Oktober (9.0 + 0.2) ergeben sich geringere Resultate. Nun erstreckt sich

Digitized by Google

allerdings die Periode, deren Werte *Singer* berechnete, auf die Jahre 1851—1880; aber ich halte auch die Singerschen Werte, die ja eigentlich überhaupt nicht auf Beobachtungen beruhen, für etwas zu hoch. Ich habe nach den Privataufzeichnungen des Beobachters an der meteorologischen Station Würzburg, des Herrn *C. Marstaller*, und nach den Mitteilungen der meteorologischen Zentralstation München in der Augsburger Abendzeitung die Temperaturmittel nach $\left(\frac{\max + \min}{2}\right)$ und nach $\left(\frac{7 + 2 + 2 \cdot 9}{4}\right)$ für die Jahre 1901 mit 1905 berechnet; die Mittel der drei Monate bleiben alle um ein Beträchtliches hinter den Werten *Knörzers* zurück. Aus den fünfjährigen Reihen bildete ich sodann die Differenzen und addierte das Mittel aus denselben zu den Werten *Singers* und *Knörzers*. Ich will zum Vergleiche die beiden Reihen, wie *Knörzer* und ich sie berechneten, anführen.

	Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr.
K.:	−0.4	1.0	4.5	9.7	13.4	17.9	19.1	18.7	15.1	9.5	3.7	0.1	9.4
Ich:	−0.6	0.9	4.2	9.5	13.4	17.9	19.1	**18.0**	**14.2**	**9.0**	3.6	0.0	9.1

Auch hier lässt sich die bedeutende Abweichung der Werte *Knörzers* in den Monaten August mit Oktober konstatieren. Addiere ich die von mir berechneten Differenzen zu den von *Knörzer* berechneten mittleren Monatstemperaturen 1880—1903, so erhalte ich folgende Reihe:

−1.0	1.2	4.3	9.0	13.6	17.6	18.9	**17.5**	**14.0**	**8.7**	4.7	1.2	9.2

Hier zeigt sich der Unterschied noch deutlicher, was freilich auch zum Teil auf die an sich niedrigeren Werte für diese Perioden zurückzuführen ist. Also mit den tatsächlichen Verhältnissen stimmen die hohen Werte *Knörzers* für August mit Oktober wohl nicht überein, wenn auch die Reihe von 1901—1905 zu kurz ist, um einen vollgültigen Beweis zu liefern. Zuletzt geht *Knörzer* noch kurz auf die Frage ein, welches Gebiet in seinen Temperaturverhältnissen durch die Stadt Würzburg charakterisiert wird. Er will die Aufstellung der Instrumente nicht als „Stadtaufstellung" bezeichnen wegen der abgesonderten Lage der Station und der nur wenige Schritte von ihr entfernten waldähnlich wirkenden Glacisanlagen. Daher sollen die Würzburger Temperaturverhältnisse ein Masstab sein für das Maintal zwischen Gemünden und Marktbreit. *Knörzer* versucht zum Schlusse noch, die Temperaturmittel zu berechnen, wie sie sich etwa im Innern der Stadt gestalten würden. Er geht dabei aus von dem Unterschied der Temperaturmittel von München-Sternwarte (freie

Digitized by Google

Lage; daher niedrigere Werte) und der meteorologischen Zentral-Station (Stadtaufstellung). Zu dem Zweck bringt er die Singerschen Mittel $\left(\frac{\max + \min}{2}\right)$ der beiden Stationen und stellt sie den Werten *Hanns* für die gleiche Periode 1851—1880 gegenüber. Die Differenzen der beiden Stationen nach *Hann* und nach *Singer* stellen sich als völlig gleich heraus. Das ist aber in Wirklichkeit gar nicht der Fall. *Knörzer* benützt nämlich (ohne es anzugeben) nicht die Originalwerte *Hanns*, sondern er nimmt die Mittel *Singers* aus $\left(\frac{\max + \min}{2}\right)$ addiert zu diesen die von ihm berechneten mittleren Differenzen aus $\left(\frac{7 + 2 + 2 \cdot 9}{4}\right)$ und $\left(\frac{\max + \min}{2}\right)$ und gewinnt so die Mittel für die beiden Stationen „nach *Hann*". Da die Differenzen der beiden Stationen nach *Singer* und nach *Hann* nicht übereinstimmen, so hat auch das weitere Verfahren *Knörzers* keinen rechten Zweck mehr: Er wendet diese Differenzen mit dem halben Werte („da Bogenhausen", wo sich die Sternwarte befindet, „wenigstens früher noch freier gelegen als die Stadt Würzburg") für Würzburg an und erhält folgende Monatsmittel für das Innere der Stadt $\left(\frac{7 + 2 + 2 \cdot 9}{4}\right)$:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Dezbr.	Jahr.
0.1	1.3	4.9	10.2	13.9	18.2	19.6	19.1	15.5	9.7	4.0	0.4	9.8

Diese Werte und die daran angeknüpften Schlüsse sind zu problematisch, als dass sie einigermassen sichere Anhaltspunkte für die möglichen tatsächlichen Verhältnisse bieten könnten.

Damit ist meine Aufgabe, die Klimatologie Würzburgs von ihren Anfängen bis zur Jetztzeit zu verfolgen, beendet. Wie wir gesehen haben, sind die Beobachtungen so lückenhaft und so ungleichmässig, dass es kaum möglich ist, aus ihnen eine allen Anforderungen genügende Kenntnis des Würzburger Klimas zu gewinnen.

Interessant sind die Beobachtungen und ihre Berechnung trotzdem; denn sie gewähren uns ein Bild für die Entwickelung der deutschen Meteorologie überhaupt. Uns eine eingehende Schilderung des Würzburger Klimas auf Grund der modernen Beobachtungen zu liefern, muss der Zukunft überlassen bleiben.

Digitized by Google

TABELLEN

ZUR

KLIMATOLOGIE WÜRZBURGS.

Digitized by Google

Tab. 1. Barometer-Maxima und -Minima

Jahrgang	Januar				Februar				März				April	
	max.		min.		max.		min.		max.		min.		max.	
	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tg.	mm	Tag	mm	Tag	mm
1781	10.	757.7	25.	730.2	4.	750.3	27.	720.3	25.	757.5	19.	735.6	22.	751.0
1782	13.	58.2	28.	25.3	17.	53.5	6.	30.0	27.	53.7	23.	13.1	30.	44.7
1783	2.	51.2	15.	23.0	17.	54.1	9.	24.6	17.	52.3	29.	11.9	3.	56.4
1784	4.	51.9	18.	15.3	4.	53.7	6.	17.6	31.	47.1	10.	28.0	1.	45.8
1785	10.	56.4	3.	27.9	11.	49.2	18.	23.2	2.	49.4	10.	30.2	11.	55.0
1786	23.	54.1	16.	23.2	15.	54.1	9.	30.2	11.	46.9	7.	23.4	24.	55.5
1787	8. 9. 30.	63.6	27.	39.9	1.	72.6	13.	26.4	13.	66.1	4.	30.9	22.	51.6
1788	16. 17. 21.	57.1	3. 4.	30.9	5. 6.	51.2	19.—21.	24.1	30.	49.6	6.	28.6	28. 29.	55.7
1813	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14.	54.6
1814	1.	54.8	16.	20.3	20.	57.7	8.	31.8	17.	56.6	3.	23.2	30.	53.9
1815	3.	57.1	28.	27.5	28.	60.4	1.	38.1	1.	58.4	10.	24.4	6.	53.8
1816	1.	61.1	13.	28.2	23.	57.5	7.	19.8	—	—	—	—	—	—
1817	9	61.6	15.	16.7	3.	54.8	22.	31.1	28.	54.6	4. 6.	27.3	1.	60.4
1820	9.	59.5	20.	26.9	8.	56.0	25.	37.0	16.	56.4	2.	19.7	23.	57.2
1821	21. 22.	64.0	9. 11.	30.4	6. 7.	70.4	28.	36.7	16.	56.3	19.	24.3	7. 8.	52.8
1822	22.	59.1	4.	34.4	28.	56.8	3.	41.9	1.	60.4	30.	31.1	28.	55.3
1823	3.	56.0	31.	28.3	21.	50.1	2.	16.6	15.	56.4	9.	25.5	30.	55.8
1825	6. 29.	64.7	19.	39.8	11.	62.3	4.	32.2	20.	62.1	2.	34.1	7.—9.	57.0
1826	17.	65.1	10. 11.	39.4	27.	61.6	24.	43.4	10.	62.0	23.	34.9	1.	56.2
1827	6.	55.4	11.	36.8	4. 5.	58.9	22.	36.5	20.	58.4	17.	26.2	27.	56.3
1828	18.	63.6	15.	32.0	4.	58.7	22.	28.9	8.	56.2	21.	26.3	28.	57.7
1829	19.	51.4	30.	29.6	2. 3. 11.	61.2	1.	32.4	3.	52.3	30.	27.8	26.	48.4
1830	1.	60.7	11.	30.7	13.	58.2	6.	35.4	3.	60.9	15.	40.9	27.	55.1
1831	8.	63.6	27.	30.4	10.	60.8	27. 28.	29.4	22.	55.1	6.	36.2	1.	51.5
1832	24.	61.4	8.	36.5	20.	59.8	3.	36.9	2.	56.3	20.	30.8	4.	60.4
1833	9.	65.8	30.	34.1	6.	51.7	3.	23.6	5.	53.2	1.	30.8	20.	52.9
1834	31.	56.8	9.	34.5	26.	62.7	12.	46.4	1.	64.8	24.	35.6	3.	57.9
1835	3.	66.4	16.	35.0	1.	62.8	21.	29.0	25.	58.1	7.	31.8	21.	60.4
1836	2.	65.7	30.	19.5	14.	59.4	26.	30.3	19.	59.3	25.	27.5	20.	51.0
1837	4.	59.7	13.	34.5	6.	63.5	24.	30.0	8.	52.9	12.	36.9	26.	49.0
1838	12.	56.8	27.	30.9	19.	59.0	26.	23.3	28.	59.2	2.	30.6	11.	55.3

Digitized by Google

in mm, reduziert auf 0°. (700 mm +) Terminbeob. 7, 2, 9h.

April		Mai				Juni				im Jahr			
min.		max.		min.		max.		min.		max.		min.	
Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm
6.	732.0	25.	749.6	18.	729.5	30.	751.2	21.	733.2	5. X.	759.1	25. IX.	711.3
2.	22.8	25.	49.4	5.	18.0	15.	52.3	10.	37.3	20. XII.	758.6	23. III.	713.1
13.	33.8	9.	44.2	28.	27.7	23.	49.6	15.	28.4	27. XI.	767.2	29. III.	711.9
12.	27.1	14. 15.	50.5	1.	32.9	2.	47.1	10.	34.3	28. XI.	753.9	18. I.	715.3
2.	30.7	13.	54.1	18.	33.4	11.	51.0	2.	35.6	4. IX.	762.5	18. II.	723.2
9.	22.5	3. 15.	50.5	6.	31.6	6.	47.7	9. 10.	32.9	29. X.	764.9	29. IX.	719.8
1.	28.6	20.	52.5	1.	28.6	8.	48.9	6.	33.8	1. II.	772.6	13. II.	726.4
4.	51.9	5.	54.1	29. 30.	37.0	7.	47.8	28.	38.6	26. X.	762.5	19.-21. II.	724.1
27.	34.1	28.	52.5	20.	38.8	25.	52.8	5.	37.0	—	—	—	—
20.	36.3	11.	56.2	22.	31.3	14.	51.0	21.	37.9	20. II.	757.7	26. VIII.	713.3
22.	28.6	17.	51.9	21.	34.7	29.	50.3	6.	34.3	31. XII.	760.7	15. IX.	721.4
—	—	27.	49.4	11.	28.9	13.	48.5	8.	31.8	1. I.	761.1	7. II.	719.8
16.	29.1	7.	52.8	25.	31.8	16.	54.1	27.	37.2	9. I.	761.6	9. XII.	721.6
9.	34.9	20. 21.	54.4	30.	43.2	26. 27.	54.5	1.	39.4	19. XII.	760.7	2. III.	719.7
5.	28.6	9. 20.	53.1	13.	35.0	14.	51.2	4.	37.5	6. 7. II.	770.4	25. XII.	713.7
22. 23.	35.6	30.	54.9	10.	33.2	1. 3. 4.	53.5	15.	39.9	11.12.XII	762.0	30. III.	731.1
5.	31.2	1.	57.2	27.	40.8	1.	51.8	28.	36.4	11. XI.	762.4	2. II.	716.6
27.	34.4	4. 21.	53.2	28.	39.9	1. 2.	55.8	5.	36.1	6. 29. I.	764.7	20. X.	716.2
27.	32.8	13.	50.4	24.	38.0	24.	56.2	2.	42.7	17. I.	765.1	14. XI.	727.1
21. 22.	34.8	29.	50.0	6.	34.5	22.	49.7	26. 27.	41.4	26. XII.	761.6	17. III.	726.2
8.	32.8	1.	54.1	21.	37.1	26.	54.2	5.	39.9	18. I.	763.6	21. III.	726.3
1.	28.9	5.	52.8	1.	40.0	14.	53.6	28.	33.1	13. XII.	762.7	30. III.	727.8
12.	35.4	31.	53.7	9.	33.2	1.	55.5	22.	33.1	3. III.	760.9	10. XII.	725.8
30.	30.9	17.	53.1	1.	35.8	18.	53.8	26.	37.0	8. I.	763.6	27. 28. II.	729.4
30.	32.7	5.	54.7	1.	36.1	8. 29.	54.8	4.	34.9	24. I.	761.4	20. III.	730.8
2.	25.7	22.	55.7	1.	43.6	10.	55.2	14.	36.0	9. I.	765.8	3. II.	723.6
28.	37.2	7.	58.6	17.	35.4	25.	56.5	8.	38.7	1. III.	764.8	17. X.	726.7
29.	32.9	24.	51.6	14.	35.2	11.	56.0	25.	37.6	3. I.	766.4	10. X.	721.6
2.	32.4	17.	58.3	1.	31.1	27.	58.6	2.	41.1	2. I.	765.7	30. I.	719.5
16.	30.4	28.	50.6	21.	36.8	23.	53.1	1.	43.8	6. II.	763.5	24. II.	730.0
29.	32.3	10.	54.5	18.	34.7	23.	51.8	12.	37.7	21. XII.	762.2	26. II.	723.3

Digitized by Google

Tab. 1. Barometer-Maxima

Jahrgang	Juli				August				September				Oktober	
	max.		min.		max.		min.		max.		min.		max.	
	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tg.	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm
1781	17.	749.6	26.	738.3	4.	750.3	19.	734.3	30.	750.7	25.	711.3	5.	759.1
1782	18. 21.	48.7	8.	35.2	19.	57.5	10.	20.7	24.	54.8	15.	19.8	29.	55.7
1783	2.	51.0	28.	37.2	16.	46.7	12.	36.5	25.	48.5	5.	23.2	12.	59.1
1784	17.	48.5	19.	38.3	2.	49.2	23.	32.0	11.	50.1	23.	35.2	4.	50.7
1785	25.	46.7	21.	31.1	27.	55.7	18.	37.2	4.	62.5	17.	24.8	7.	55.8
1786	14.	49.6	23.	33.1	21.	46.0	14.	29.1	20.	51.0	29.	19.8	29.	64.9
1787	3.	49.6	22.	33.1	5.	51.2	25.	32.2	3.	51.9	18.	26.4	6. 7.	49.6
1788	19.	51.2	4.—7.	44.4	2.—4.	54.6	14.	31.6	26.	51.2	21.	38.8	26.	62.5
1813	29.	53.9	21.	30.9	31.	53.9	23.	37.0	16.	54.1	6.	39.0	1.	48.3
1814	24.	52.3	16.	39.9	31.	51.9	26.	13.3	20.	54.8	7.	40.4	4.	53.2
1815	14.	50.1	19.	39.5	25.	51.6	2.	35.4	19.	52.8	23.	38.1	9.	55.3
1816	27.	45.6	30.	31.6	12.	51.4	31.	28.2	14.	55.0	1.	28.6	15.	52.1
1817	29.	50.7	15. 16.	32.2	6.	49.4	27.	32.9	6.	52.3	27.	37.2	4.	51.0
1820	30.	51.6	19.	38.2	10.	53.4	19.	39.0	10.	56.3	22.	36.9	4.	57.4
1821	18.	56.1	1.	40.8	20. 21.	54.1	15.	38.7	16.	52.7	19.	39.2	29.	57.6
1822	2. 9.	50.6	12.	36.5	17. 20. 21.	52.4	2.	42.0	11. 14. 15.	53.1	25.	39.4	11.	55.3
1823	20.	51.4	7.	41.3	10.	53.3	14.	42.7	12.	55.3	22.	35.7	26.	58.4
1825	17.	53.5	1.	43.0	21.	54.4	14.	36.7	29.	57.9	14. 15.	33.1	11. 16.	60.4
1826	1.	52.8	14.	41.9	18.	56.7	30.	44.1	16.	54.5	7.	38.1	14.	53.5
1827	6.	57.2	20.	44.0	31.	54.1	15.	39.2	1.	55.8	26.	40.2	26.	55.3
1828	4.	47.5	20.	36.3	26.	54.5	15.	36.4	16.	60.0	12.	39.1	28.	60.8
1829	22.	54.1	9.	37.2	10.	53.9	20.	36.2	10.	54.0	14.	31.9	10.	58.6
1830	28.	54.1	9.	34.5	31.	53.4	20.	38 9	27.	57.7	22.	32.2	22.	59.1
1831	6.	54.0	12.	40.6	30.	52.3	8.	38.5	24.	55.6	3.	37.7	18.	58.4
1832	15.	53.4	7.	41.8	11.	54.4	28.	37.9	22.	59.9	15.	42.1	25.	61.4
1833	25.	54.1	7.	38.0	27.	53.3	31.	29.1	30.	52.2	1.	24.8	1.	52.7
1834	16.	53.5	26.	40.8	12.	52.1	21.	38.8	14.	58.2	8.	40.2	29.	61.5
1835	26.	53.1	13.	44.6	10.	54.1	26.	36.1	2.	54.0	9. 27.	35.5	16.	54.5
1836	31.	55.6	20.	36.6	1.	54.8	23.	52.4	22.	55.5	30.	36.7	22.	59.2
1837	1.	52.2	29.	42.8	7.	54.2	30.	34.2	23.	53.3	13.	32.5	14.	61.8
1838	17.	53.5	27.	40.5	9.	53.3	22.	37.1	11.	58.8	7.	36.9	22.	56.2

Digitized by Google

und -Minima.

Oktober		November				Dezember				im Jahr			
min.		max.		min.		max.		min.		max.		min.	
Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm
14.	722 3	10.	751.4	16.	723.2	21.	753.7	31.	735.4	5. X.	759.1	25. IX.	711.3
11.	22.3	14.	56.8	3.	26.6	20.	58.6	16.	30.0	20. XII.	758.6	23. III.	713.1
27.	35.2	27.	67.2	15.	25.3	14.	51.9	26.	18.7	27. XI.	767.2	29. III.	711.9
24.	33.8	28.	53.9	19.	28.6	25.	47.4	6.	20.7	28. XI.	753.9	18. I.	715.3
28.	32.0	10.	48.5	5.	23.7	15.	47.1	30.	26.2	4. IX.	762.5	18. II.	723.2
5.	29.1	5.	51.9	18.	20.5	31.	58.9	5.	25.3	29. X.	764.9	29. IX.	719.8
13.	29.5	27.	56.4	2.	28.2	1.	53.5	6. 21.	26.4	1. II.	772.6	13. II.	726.4
6.	42.2	1.	60.9	14.	37.7	31.	53.5	26.	28.6	26. X.	762.5	19.-21. II.	724.1
17.	26.2	5.	56.8	17.	23.7	28.	59.3	20.	30.0	—	—	—	—
25.	33.1	11.	55.0	30.	29.1	17.	53.5	1.	28.6	20. II.	757.7	26. VIII.	713.3
25.	34.3	26.	59.3	15.	21.4	31.	60.7	6.	26.6	31. XII.	760.7	15. IX.	721.4
3.	32.2	28.	59.1	7.	28.6	1.	59.3	13.	28.6	1. I.	761.1	7. II.	719.8
22.	38.8	1. 2.	60.9	25.	39.5	29.	53.7	9.	21.6	9 I.	761.6	9. XII.	721.6
24.	25.8	29.	54.0	1.	33.8	19.	60.7	14.	33.1	19. XII.	760.7	2. III.	719.7
21.	33.8	8.	59.0	4.	32.3	12.	59.5	25.	13.7	6. 7. II.	770.4	25. XII.	713.7
17.	32.8	11.	59.1	30.	35.8	11. 12.	62.0	2.	31.2	11.12.XII.	762.0	30. III.	731.1
31.	30.8	11.	62.4	1.	37.1	8.	61.8	21.	34.9	11. XI.	762.4	2. II.	716.6
20.	16.2	24. 26.	56.3	7.	26.0	25.	51.5	9.	32.1	6. 29. I.	764.7	20. X.	716.2
26.	35.0	21.	57.5	14.	27.1	28.	59.5	4.	32.6	17. I.	765.1	14. XI.	727.1
28.	32.4	27.	59.8	1.	35.6	26.	61.6	1.	30.8	26. XII.	761.6	17. III.	726.2
6.	38.4	6.	59.3	10.	39.9	2.	62.7	8.	39.6	18. I.	763.6	21. III.	726.3
7.	31.5	21.	57.7	15.	36.9	13.	62.7	23.	40.0	13. XII.	762.7	30. III.	727.8
29.	37.5	24.	56.3	17.	39.2	15.	57.6	10.	25.8	3. III.	760.9	10. XII.	725.8
1.	36.5	28.	59.2	16.	31 2	27.	57.2	8.	37.4	8. I.	763.6	27. 28. II.	729.4
2.	40.5	17.	58.7	2.	33.6	9.	59.4	4.	34.6	24. I.	761.4	20. III.	730.8
16.	33.0	11.	57.5	8.	34.3	1.	58.6	21.	30.5	9. I.	765.8	3. II.	723.6
17.	26.7	19.	55.3	30.	35.5	28.	64.6	17.	38.0	1. III.	764.8	17. X.	726.7
10.	21.6	24.	55.9	30.	37.7	23.	59.1	19.	37.9	3. I.	766.4	10. X.	721.6
29.	35.0	9.	56.4	5.	27.1	21.	56.2	10.	23.9	2. I.	765.7	30. I.	719.5
31.	37.0	7.	57.3	29.	27.2	3.	60.7	20.	35.2	6. II.	763.5	24. II.	730.0
17.	37.4	13.	57.3	4.	30.4	21.	62.2	24.	38.7	21. XII.	762.2	26. II.	723.3

Digitized by Google

Tab. 2. **Barometer-Mittel auf 0° red.** (700 mm +.)

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jah.-Mittel
1781	745.8	741.0	748.0	724.4	742.8	739.7	745.1	742.6	739.7	741.3	740.8	745.1	742.84
1782	43.1	44.4	38.3	36.3	39.2	46.2	43.3	41.7	41.3	41.7	40.4	45.3	741.72
1783	36.5	40.6	33.6	45.1	29.2	41.0	43.5	41.9	40.1	46.7	42.2	44.4	741.27
1784	38.3	36.8	39.0	37.9	44,7	40.6	45.8	40.8	43.3	43.5	41.7	34.9	740.59
1785	44.4	37.0	41.7	45.3	41.7	43.8	39.2	44.4	43.8	43.5	38.3	38.6	741.72
1786	44.0	42.4	35.9	42.6	42.6	40.4	41.3	40.1	39.0	46.0	40.4	37.7	741.04
1787	51.6	50.1	48.5	39.0	40.6	41.3	41.9	41.7	39.0	39.5	42.2	39.9	742.93[1]
1788	43.8	37.2	40.6	44.0	44.9	42.6	47.8	44.0	44.4	52.1	51.4	41.3	744 57[1]
1813	—	—	—	45.6	44.2	45.6	43.5	49.2	41.1	41.3	43.1	45.8	—
1814	37.7	49.4	42.4	44.9	43.8	45.3	45.3	46.2	48.0	44 2	42.4	42.6	744 20
1815	42.4	46.7	44.9	40.4	44.4	42.2	45.6	45.3	46.9	45.8	46.7	44.4	744.65
1816	41.7	48.5	—	—	39.5	41.5	40.6	44.4	40.6	44.0	43.1	44.2	—
1817	46.2	44.7	42.6	48.5	41.3	45.1	42.4	43.5	45.8	45.1	49.8	39.0	744.65
Mittel	742.75	742.92	741.12	742.38	741.92	742.43	743.38	743.28	742.70	743.95	743.17	741.53	742.63
1820	45.6	49.6	44.3	46.5	46.1	46.6	46.1	46.7	48.0	42.6	46.4	48.7	746.66
1821	48.4	54.4	42.3	41.6	45.8	46.7	46.7	47.0	46.2	48.6	48.6	42 6	746.56
1822	48.6	54.0	50.8	46.5	45.8	48.3	44.1	46.6	47.1	45.2	48.4	51.4	748.10
1823	44.1	39.0	44.0	44.2	47.4	45.9	44.6	48.1	48.1	45.2	52.0	45.8	745.89
1824	50.0	46.3	43.8	45.9	45.8	44.9	48 4	47.5	48.0	43.2	43.9	47.3	746.25
1825	53.4	54.4	50.8	48.5	47.6	47.9	48.9	47.0	46.8	49.2	43.7	41.9	748.17
1826	51.4	52.9	48.4	47.7	44.9	50.6	47.0	48.2	47.5	48.0	43.5	47.0	748.10
1827	44.0	48.9	42.8	47.3	45.9	45.9	49.9	46.8	48.5	44.8	47.5	48.2	746.50
1828	50.4	45.0	44.7	44.5	45.0	48.0	43.0	45.5	48.4	50.8	49.1	51.4	745.12[2]
1829	42.1	50.2	43.8	39.7	46.8	46.6	45.2	46.4	44.1	47.6	48.3	51.8	746.05
1830	47.8	46.9	50.7	44.7	45.2	44.0	47.7	45.4	44.4	52.8	48.4	39.9	746.50
1831	45.2	48.5	45.8	40,2	44.9	45.7	47.3	45.3	46.3	51.0	46.2	46.8	746.09
1832	49.6	51.4	46.4	48.0	46.4	45.1	48.1	47.5	51.3	52.4	47.7	49.5	748.44
1833	55.4	52.5	43.4	42.6	49.9	45.9	46.5	45.2	44.7	46.3	48.6	43.9	746.23
1834	46.2	54.2	52.7	49.6	48.1	48.4	46.9	45.6	50.7	48.6	48.0	54.6	749.48
1835	52.4	45.8	47.4	48.9	44.6	48.1	48.9	46.6	44.9	45.3	49.8	52.3	747.92
1836	50.8	44.1	42.6	43.7	48.6	48.1	48.5	48.2	46.2	47.0	43.3	43.8	746.18
1837	48.4	51.0	45.2	43.0	44.6	47.4	46.6	48.1	46.9	52.0	45.7	50.3	745.45
1838	47.5	41.6	44.7	41.8	44.8	46.1	49.4	47.1	48.0	48.2	41.7	52.9	746.00

[1]) Ohne Wärmekorrektur. [2]) ? 746.23.

Digitized by Google

Tab. 3. **Schöns Monatsmittel der Temperatur C°** $\left(\frac{7+2+9}{3}\right)$.

Jahrg.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	J.-M.
1781	−1.4	2.4	6.2	11.7	16.3	20.5	20.7	20.4	18.6	9.6	5.4	2.2	11.15
1782	3.5	0.1	5.9	9.4	13.4	19.3	20.8	19.2	18.0	7.7	1.5	2.0	10.04
1783	4.3	4.9	6.6	11.8	15.9*)	19.7	23.9	22.2	17.5	10.2	5.9	−0.3	12.03
1784	−4.8	1.7	3.7	7.8	19.8	21.2	22.3	20.2	20.3	6.6	4.8	0.8	10.35
1785	−3.4	−5.3	−2.9	12.1	16.6	18.1	19.0	18.1	15.5	14.4	4.8	1.5	9.05
1786	−0.8	0.9	2.3	13.5	16.5	21.0	21.3	19.5	16.1	10.9	−0.6	−2.8	9.84
1787	−0.4	3.5	9.8	9.6	16.6	21.1	19.0	20.8	17.1	15.6	6.3	5.4	12.16
1788	−0.8	−1.0	5.0	10.0	17.0	20.3	21.1	18.3	17.8	12.9	0.4	−9.0	9.33
1813	—	—	—	13.2	17.0	18.7	19.6	18.2	12.0	6.1	4.6	1.6	—
1814	−2.4	−3.9	1.8	13.6	14.0	17.5	20.3	18.7	14.5	10.6	6.5	4.7	9.89*
1815	−3.5	4.8	10.6	12.8	19.2	20.4	20.7	18.8	16.2	14.1	2.6	0.1	10.52*
1816	−1.2	−0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.9	—
1817	3.7	5.5	5.3	6.7	13.2	22.0	17.8	16.8	15.4	7.2	2.0	1.6	10.32
Schön	0.39	1.08	4.94	11.00	16.42	19.98	20.54	19.59	16.68	10.79	3.65	0.6	10.42
1820	−3.6	1.5	3.4	12.3	16.1	14.7	18.1	20.3	13.9	9.4	2.1	−0.1	9.00
1821	1.6	−1.3	4.9	12.7	13.6	15.6	17.0	18.6	16.6	9.6	7.8	5.2	10.17
1822	2.4	4.0	8.7	11.6	17.3	21.3	20.5	18.0	14.8	11.6	6.2	−2.0	11.20
1823	−5.8	3.4	6.0	9.4	16.5	17.0	18.4	19.6	15.5	9.5	4.6	4.0	9.88
1824	1.1	2.7	4.9	8.4	13.7	17.0	19.2	18.6	16.3	10.8	7.8	6.7	10.59
1825	2.5	1.8	3.2	12.0	14.9	17.4	19.7	19.1	16.5	9.2	7.0	5.4	10.71
1826	−6.9	1.7	6.1	10.3	14.0	18.6	21.5	21.5	16.0	11.4	4.7	3.3	10.14
1827	−1.5	−5.5	7.2	12.1	16.9	18.6	20.8	18.2	15.6	10.4	3.3	6.0	10.15
1828	2.8	2.1	7.3	11.2	15.1	19.0	20.4	17.3	15.1	9.2	4.4	3.0	10.58
1829	−1.2	−2.2	3.4	9.7	13.7	16.4	18.5	15.5	13.0	8.2	1.0	±6.6	7.20*
1830	−8.0	−3.1	6.4	11.6	14.9	16.7	18.6	17.0	12.9	8.1	5.4	1.0	8.44
1831	−2.6	1.3	6.0	11.9	13.7	16.2	19.2	18.1	12.9	12.0	5.0	2.3	9.72*
1832	−1.5	0.3	4.2	9.6	12 8	16.3	17.4	18.2	12.9	9.1	2.9	1.9	8.70
1833	−5.7	4.8	3.2	8.2	17.9	18.4	17.3	14.4	12.9	8.1	4.4	5.9	9.13
1834	−5.0	0.6	5.0	8.1	16.4	17.7	21.3	19.1	15.4	8.8	4.6	1.8	10.31*
1835	−1.0	3.2	4.7	9.0	14 3	17.7	19.9	18.0	14.4	8.0	0.0	±1.3	9.06*
1836	−1.0	0.4	8.0	9.1	12.7	17.4	18.9	18.4	12.5	9.8	3.9	2.3	9.33
1837	0.2	0.9	1.3	6.3	11.6	17.4	16.9	18.9	11.6	8.8	3.9	0.5	8.18
1838	−8.1	−3.6	4.6	6.8	13.9	16.6	17.6	16.3	14.9	9.1	3.6	0.5	7.57

*) Schön: 17.4 falsch!

Digitized by Google

Tab. 4. Temperatur-Maxima und

Jahrgang	Januar				Februar				März			
	max.		min.		max.		min.		max.		min.	
	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°
1781	7.	7.5	16.	—10.6	13.	11.0	24.	—3.8	26.	16.8	28.	—0.6
1782	24.	9.0	1.	—6.8	27.	15.0	16.	—15.5	28.	16.5	16.	6.0
1783	6.	12.0	4.	—6.6	7.	12.3	28.	—1.3	23.	18.1	5.	—10.3
1784	16.	5.9	12.	—21.6	7.	10.5	4.	—19.0	7.	14.0	2.	—3.8
1785	29.	6.8	27.	—10.0	9.	7.0	28.	—17.5	29.	7.9	1.	—13.8
1786	30.	12.8	4.	—15.9	12. 16. 18.	10.3	24.	—8.5	23.	17.8	10.	—12.5
1787	24.	8.0	16.	—8.8	19.	12.9	25.	—5.9	31.	19.4	14.	0.1
1788	6.	10.0	21.	—11.5	29.	14.1	18.	—17.5	29.	16.3	11.	—2.8
1813	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1814	31.	9.1	14.	—21.3	10.	6.3	23.	—17.5	20.	19.4	11.	—12.5
1815	18.	5.0	16.	—10.6	25.	20.0	1.	—3.1	8.	21.9	2.	—0.6
1816	10.	6.5	30.	—11.3	26.	6.9	11.	—20.0	—	—	—	—
1817	24.	12.8	11.	—8.8	18.	10.0	12.	—1.3	31.	15.6	19.	—2.5
1820	27.	9.8	16.	—20.0	7. 8.	9.4	16.	—7.5	31.	20.6	10. 11.	—7.5
1821	13.	11.5	1.	—15.3	25.	5.8	22.	—11.3	29.	17.3	6.	—10.3
1822	22. 23.	7.8	8.	—11.9	5.	11.6	7. 16.	—2.8	28.	20.6	1.	—1.9
1823	30.	9 4	23.	—21.9	12.	9.7	9.	—3.8	29.	18.8	14.	—0.6
1826	25.	1.3	12.	—18.8	23.	11.3	3.	—10.6	9.	17.5	17.	—1.8
1827	1.	7.3	21.	—13.8	27.	8.5	18.	—26.3	28.	16.9	20.	—1.3
1828	13.	10.9	18.	—9.6	2.	11.3	18.	—10.0	13.	15.5	7.	—5.0
1829	28.	5.4	22.	—18.3	25.	10.3	12.	—22.3	29.	13.8	6.	—4.6
1830	11.	1.8	29.	—20.9	27.	12.1	2.	—29.4	30.	21.5	4. 5.	—4.3
1831	2. 24.	4.8	30.	—20.6	8.	9.8	1.	—24.6	29.	14.8	24.	—1,3
1832	10.	9.4	17.	—9.3	21.	9.8	18. 19.	—8.8	31.	14.6	1.	—6.3
1833	29.	6.3	11.	—17.2	10.	12.4	17.	—2.9	29.	15.5	10.	—4.4
1834	28.	13.5	31.	—3.8	27.	12.5	11.	—10.0	5.	14.3	24.	—3.8
1835	16.	8.8	7.	—10.0	26.	11.5	12.	—6.3	31.	14.6	25.	—1.0
1836	23.	9.6	2.	—18.1	28.	8.5	22.	—11.3	22.	19.0	1.	—2.6
1837	24.	9.4	2.	—12.4	20.	10.8	7.	—11.9	15.	12.6	24. 25.	—8.8
1838	5.	2.6	16.	—23.1	28.	8.6	19.	—20.4	4.	12.9	12.	—1.9

Digitized by Google

Minima aus Terminbeob. 7, 2, 9h.

April				Mai				Juni			
max.		min.		max.		min.		max.		min.	
Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°
8.	21.6	1.	0.0	17.	27.8	8.	4.5	20.	29.6	8.	11.8
25.	22.5	6. 18.	0.0	28. 31.	25.4	1.	0.0	17.	29.4	3.	9.0
20.	27.9	7.	2.5	1. 19.	25.4	5.	5.9	15.	30.0	5.	10.3
30.	16.5	1.	—1.1	26.	33.8	4.	6.3	23.	32.1	1.	12.1
18.	25.4	5.	—1.3	14.	27.0	4.	6.3	27.	28.4	4.	7.9
21.	25.0	10.	2.5	27.	28.0	3.	5.0	18.	29.0	6.	12.8
5.	19.0	21.	0.3	19.	23.4	6.	5.0	13. 28.	30.4	7.	12.0
21.	24.3	6.	1.5	27.	32.8	13.	5.6	21.	33.4	5. 11.	11.3
26.	25.0	20.	2.5	30.	30.9	2.	9.7	29.	29.4	5.	10.3
20.	23.0	29.	1.9	22.	26.6	1.	3.8	12.	29.4	27.	11.3
2.	30.0	17.	1.3	12.	20.4	1.	10.6	6.	29.4	27.	11.9
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.	22.3	10.	0.0	9.	23.1	2.—4.	7.5	20.	29.8	1.	10.0
14.	25.6	4.	2.5	15.	27.3	2.	3.4	29.	27.8	1.	10.0
22. 30.	26.1	2.	3.1	1.	23.5	25.	6.1	28.	27.9	21.	8.8
16.	24.6	2. 3.	2.5	31.	30.6	7.	8.1	6.	33.5	18.	14.0
27.	18.5	11.	1.0	8.	29.0	1.	6.3	13.	29.0	24.	9.5
9.	20.9	1.	1.9	28. 31.	25.3	6.	6.6	30.	30.0	7.	11.6
30.	24.0	2.	2.5	31.	28.4	8. 25.	10.0	30.	30.0	4.	11.3
30.	25.0	4.	0.4	24.	25.0	13.	8.8	21.	32.8	10.	10.0
25.	21.3	2.	0.0	7.	24.5	1.	3.5	27.	29.1	6.	7.3
30.	21.5	5.	0.6	24.	29.0	11.	7.5	26.	30.8	15. 23.	9.0
12.	23.1	1.	2.3	24.	24.4	8.	4.4	23.	26.5	1.	9.6
15.	21.0	10.	1.6	30.	25.3	12.	4.0	1.	26.3	25.	9.8
1.	17.1	7.	1.9	18.	29.4	31.	9.6	26.	31.3	1.	11.6
29.	21.3	13.	—0.9	9.	28.0	27.	7.0	22.	30.0	1.	7.9
3.	20.4	7.	2.5	21.	26.3	3.	6.3	10.	28.8	26.	9.1
24.	21.8	10.	1.6	18. 23.	23.4	10. 11.	4.1	24.	29.4	5.	11.3
16.	19.0	10.	3.4	28.	23.4	11.	4.0	30.	28.5	3. 5.	7.8
26.	20.5	2.	1.9	6.	26.3	10.	3.4	25.	29.4	8.	5.9

Digitized by Google

Tab. 4. **Temperatur-Maxima**

Jahrgang	Juli				August				September			
	max.		min.		max.		min.		max.		min.	
	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°
1781	2. 4.	32.1	25.	12.4	11.	35.0	23.	12.5	2.	31.3	27.	7.9
1782	25.	33.5	19.	13.1	22.	31.0	9.	11.9	10.	27.3	29.	9.0
1783	31.	39.1	9.	13.1	2.	37.9	12.	12.8	16.	30.8	23.	10.0
1784	11.	33.5	21.	13.0	4.	35.9	27.	7.5	8.	33.4	17.	7.9
1785	1.	25.4	11.	12.5	8.	25.6	30.	10.6	6.	23.4	10. 26.	7.5
1786	26.	30.4	13.	12.1	9. 11.	26.6	24.	12.5	2.	25.8	28.	6.6
1787	6. 31.	29.0	10.	12.8	10.	32.5	30.	9.0	22.	26.8	29.	6.3
1788	12. 13.	36.3	6. 28. 29.	15.0	9. 22.	28.1	6.	11.3	8.	31.3	26.	6.5
1813	31.	30.0	6.	11.6	13.	29.7	24.	10.6	5.	27.5	30.	3.8
1814	29.	33.4	3.	11.9	1.	33.4	22.	8.1	26.	31.9	20.	5.3
1815	19.	27.9	25.	13.1	28.	32.5	31.	10.3	14.	31.9	21.	3.8
1816	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1817	11. 30.	28.0	15. 17. 19.	12.5	8.	26.9	31.	10.6	11.	25.1	9.	9.8
1820	31.	31.3	8.	12.5	1.	31.6	31.	11.0	7.	21.0	29.	3.5
1821	20.	29.4	12.	11.3	22. 25.	28.8	28.	10.6	8.	28.1	12.	10.0
1822	5.	30.0	14.	13.8	15.	30.6	6.	10.9	6.	24.5	18.	6.9
1823	13.	27.8	29.	12.5	26.	32.6	18.	12.5	15.	29.0	9.	7.9
1826	7.	31.8	30. 31.	15.0	3.	32.5	29.	16.3	1.	26.9	23.	3.1
1827	2.	30.6	14.	12.8	2.	29.1	30.	10.5	12. 17.	25.6	21. 22.	4.6
1828	4.	31.9	29.	13.5	2. 9.	26.6	17. 18.	11.3	10.	26.3	12.	4.1
1829	15.	32.5	20.	11.9	13.	28.0	27.	9.0	10.	22.9	27.	4.4
1830	31.	33.4	11.	11.6	5.	33.3	31.	9.5	27.	24.6	14	6.9
1831	21.	28.4	2.	12.6	2.	28.1	22.	11.0	1.	23.1	16.	4.5
1832	14.	32.8	21.	9.8	13. 22.	30.0	28. 31.	10.9	30.	22.1	23.	3.8
1833	7.	25.6	26.	12.8	30.	22.5	28.	7.8	26.	21.3	15.	4.4
1834	13.	31.4	1.	13.1	6.	27.0	30.	11.3	6.	28.8	25. 26.	1.9
1835	5.	31.5	1. 2.	12.9	22.	30.0	29.	9.3	25.	24.8	7.	6.9
1836	12. 29.	30.0	23.	11.4	14.	29.5	30.	11.8	1.	25.3	22.	5.8
1837	29.	28.1	7.	11.3	11.	30.3	28.	7.1	12.	22.1	30.	2.1
1838	14.	32.8	23.	10.6	13.	28.8	31.	10.4	5.	25.9	2.	8.1

Digitized by Google

und -Minima.

Oktober				November				Dezember			
max.		min.		max.		min.		max.		min.	
Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°	Tag	C°
1.	23.0	31.	1.3	6.	13.3	25.	0.9	29.	11.6	13.	−7.3
4.	16.5	28.	0.3	4.	8.4	24.	−8.1	28.	7.5	18.	−9.0
1.	23.4	3. 31.	2.5	1. 15.	14.6	29.	−5.3	5.	9.5	31.	−28.0
1.	16.3	17.	−4.5	15.	12.6	5. 10.	−0.3	6.	9.4	30.	−13.0
6.	23.8	22.	5.0	13.	15.5	22.	−4.5	5.	7.5	31.	−4.5
9.	22.0	26.	−0.4	20.	7.8	13.	−9.0	5. 6. 29.	10.3	24.	−15.8
8.	25.0	15. 25.	6.3	8.	17.5	27. 29.	−5.0	10.	14.4	30.	−3.8
23.	21.8	13. 14.	2.3	4.	15.0	28.	−10.0	25.	3.8	18.	−23.8
9.	13.8	31.	1.3	12.	14.1	26.	−2.8	8.	8.8	13.	−5.3
18.	25.6	11.	−2.5	5.	14.4	11.	−1.3	13.	15.9	24.	−6.3
20.	26.0	5.	2.5	2.	14.4	30.	−8.8	4.	7.2	11.	−15.0
—	—	—	—	14.	13.1	25.	−13.1	13.	11.3	23.	−11.3
9.	13.1	17.	0.0	18.	15.5	6.	−0.6	1.	12.2	30.	−8.8
1.	18.8	30.	−1.3	7.	20.3	17.	−12.0	11.	10.6	31.	−15.6
4.	20.1	30.	−1.3	18.	17.2	11.	−6.3	1.	12.1	18.	−1.4
4.	22.8	16. 22.	3.4	4.	14.0	14.	−6.5	2.	7.1	31.	−14.7
1.	21.9	25.	−0.3	30.	10.9	16.	−0.9	1.	15.6	17.	−3.8
2. 17.	19.0	31.	−1.0	3.	12.5	28.	−3.1	1. 9.	10.4	25.	−6.6
9.	21.5	30.	0.6	5. 12.	9.8	27.	−9.4	16.	14.8	20.	−1.6
1.	20.6	29.	−3.8	29.	12.8	6.	−5.3	18. 21.	9.8	3.	−10.0
2.	20.0	16.	−0.3	5.	9.4	22.	−7.9	1.	2.3	27.	−20.0
3. 4.	16.9	15.	−2.1	6.	15.3	14. 30.	−3.1	10.	8.5	27.	−11.6
13.	22.1	31.	2.1	3.	13.8	28.	−6.3	9.	13.5	31.	−11.3
2.	22.9	26.	−3.1	2.	13.5	25.	−8.4	2.	11.0	8.	−10.0
24.	16.9	31.	−1.6	1.	14.0	13.	−6.3	30.	12.1	27.	−2.3
10.	22.5	27.	0.0	7.	18.6	21.	−6.6	4.	9.4	30.	−10.0
2.	18.4	29.	1.3	29.	9.0	15.	−16.0	5.	8.1	12.	−12.8
6.	21 3	31.	−3.5	28.	14.1	13.	−3.8	6.	12.1	30.	−14.4
3.	18.4	27.	−0.9	2.	10.4	30.	−1.3	25.	11.1	17.	−13.1
1.	18.3	14.	−1.3	8.	13.5	26.	−10.6	2.	10.6	22. 23.	−11.9

Digitized by Google

Tab. 5. **Würzburg. Thermometer-Mittel red. auf** $\left(\frac{7+2+9+9}{4}\right)$.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahres-mittel
1781	−1.2	2.7	6.3	11.7	16.3	20.4	20.7	21.2	18.5	9.3	5.4	2.1	11.11*
1782	3.3	−0.1	5.6	9.0	13.3	14.4	21.2	19.2	17.7	8.9	1.4	1.7	10.04*
1783	4 2	4.8	6.6	11.6	15.9	19.6	24.5	22.0	18.3	9.9	5.7	−0.4	11.89*
1784	−4.8	1.6	3.8	9.1	19.7	20 9	20.1	20.1	19.7	6.5	4.8	0.8	10.34*
1785	0.3	0.5	0.7	9.9	16.8	18.8	18.9	17.7	15 3	11.7	5.2	1.1	9.74*
1786	1.6	2.1	3.2	13.5	16 6	21.4	19.6	19.0	15.7	10.9	—	2.2*	10.35**
1787	−0.5	3.4	9.6	9.4	13.3	18.8	18.7	20 5	16.9	15.4	6.1	5.3	11.40**
1788	−0.9	−1.1	4.8	9.8	16.7	20.0	20.8	18.0	17.5	12.7	0.2	−9.1	9.52**
1813	—	—	—	12.7	16.4	18.2	19.1	17.8	11.6	5.7	4.5	1.4	— **
1814	−2.5	−4.1	1.6	13.1	13.6	17.0	19.7	18.3	14.1	10.2	6.4	4.5	9.59**
1815	−3.6	4.6	10.4	12.3	18.8	19.9	20.2	18.4	15.8	13.8	2.5	0.0	10.22
1816	1.1	−0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	1.7	1.7	—
1817	3.6	5.4	5.1	6.2	12.8	21.5	17.3	16.4	15.0	6.8	1.9	1.4	10.02**
1820	−3.9	1.4	3.1	11.8	15.6	14.3	17.4	19.8	13.6	9.1	1.8	−0.4	8.70
1821	1.6	−1.3	4.9	12.1	13.1	15.1	16.5	18.2	16.3	9 3	7.7	5.2	9.87
1822	2.3	3.7	8.4	11.1	16.7	20.7	19 9	17.9	14.4	11.3	6.1	−2.6	10.80
1823	−5.9	3.3	5.7	9.1	16.5	16.5	18.0	19.2	15.1	9.1	4.5	3.9	9.58
1824	1.0	2.6	4.7	7.9	13.3	16.5	18.7	18.2	15.9	10.4	7.7	6.5	10.29*
1825	2.4	1.7	2.9	11.5	14.4	16.9	19.2	18.7	16.1	8.8	6.9	5.2	10.41*
1826	−7.0	1.6	5.9	9.8	13.6	18.1	21.0	21.1	15.6	11.0	4.6	3.1	9.84*
1827	−1.6	−5.6	7.0	11 6	16.5	18.2	20.3	17.7	15 2	10.0	3.2	5.8	9.85*
1828	2.7	2.0	7.1	10 7	14.7	18.5	19.7	16.9	14.7	8.8	4.3	2.8	10.28*
1829	−4.3	−2.3	3.2	9.2	13.3	15.9	18.0	15.1	12.6	7.8	0.9	−6.4	6.92*
1830	−8.1	−3.2	6.2	11.1	14.5	16.2	18.1	16.6	12.5	7.4	5.3	0.8	8.14*
1831	2.7	1.2	5.8	11.4	13 3	15.7	18.7	17.7	15.5	11.6	4.9	2.1	9.42*
1832	−1.6	0.2	4.0	9.1	12.4	15.8	16.9	17.8	12.5	8 7	2.8	1.7	8.40*
1833	−5.8	4.7	3.0	7.7	17.5	17.9	16.8	14.0	12.5	7.7	4.3	5.7	8.83*
1834	−5.1*	0.5	4.8	7.6	16.0	17.2	20.8	18.7	15.0	8.4	4.5	1.6	10.01*
1835	−1.1	3.1	4.5	8.5	13.9	17.2	19.4	17.6	14.0	7.6	0.1	1.1	8.76*
1836	−1.1	0.3	7.8	8.6	12.3	16.9	18.4	18.0	12.1	9 4	3.8	2.1	9.03*
1837	0.1	0.8	1.1	5.8	11.1	16.9	16.4	18.5	11.2	8.4	3.8	0.3	7.72*
1838	−8.2	−3.7	4.4	6.3	13.4	16.1	17.1	15.9	14.5	8.7	3.5	0.3	7.27*
Mittlere Differenzen $\left(\frac{7+2+9}{3}\right) - \left(\frac{7+2+9+9}{4}\right)$ aus 1820—1823. C°.	−0.1	−0.1	−0.2	−0.6	−0.5	−0.6	−0.6	−0.5	−0.5	−0.5	−0.1	−0.2	−0.3
Mannheim. $\left(\frac{7+2+9+9}{4}\right)$													
1781	0.3	4.6	8.0	13.4	16.8	20.4	21.2	21.0	17.6	9.9	5.2	3.2	11.77
1782	3.4	−1.2	5.0	9.2	13.5	20.2	21.9	18.1	15.8	8.1	1.3	0 8	9.66
1783	4.5	5.0	4.0	11.6	16.1	19.2	22.4	20.1	16.5	11.7	3.9	−2.3	11.05
1784	−5.4	−1.5	3.8	7.7	17.8	18.6	19.5	17.7	17.2	7.0	5.7	−0.3	8.98
1785	−0.1	−0.6	−0.2	7.4	14.6	17.5	18.3	17.6	17.5	9.7	5.1	0.9	8.99
1786	2.2	2.0	1.9	12.3	14.2	20 0	17.6	17.7	13.7	8.4	1.1	2.0	9.30

* (Asteriscus) unsicher. ** Ganz unsicher.

Digitized by Google

Tab. 6. **Monatliche Verteilung der Windrichtungen nach Prozenten der Monatssumme (= 100).**

Jahrgang	Januar								Februar								Jahrgang
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
1781	1.1	1.1	10.8	22.6	16.1	29.0	15.1	4.3	7.1	2.4	6.0	0.0	7.1	50.0	15 5	11.9	1781
1782	0.0	0.0	2.2	9.7	25.8	33.3	25.8	3.2	16.7	13.1	10.8	13.8	15.5	8.3	0.0	11.9	1782
1783	7.5	12.9	18.3	10.8	0.0	12.9	24.7	12.9	13 1	23.8	15.5	7.1	6 0	10.8	17.8	6.0	1783
1784	6.5	4.3	15 1	15.1	11.8	14.0	19.5	14.0	13.8	27.6	9.2	1.2	2.3	16.1	28.7	1.2	1784
1785	15.1	8.6	11.8	11.8	5.4	7.5	21.6	18.3	19.8	12.3	4.9	1.2	1.2	13.6	30.9	16.1	1785
1786	5.4	3.2	1.1	1.1	44.1	23.6	2.2	19.4	8.3	3.6	4.8	20.2	13.1	21.4	7.1	21.4	1786
1787	28.0	26.9	2 2	1.1	10.8	2.2	8.6	20.4	8.3	16.7	0.0	2 4	23.8	20.2	21.4	7.1	1787
1788	12.9	8.6	0.0	6.4	18.3	21.5	10.8	21.5	23.0	5.8	2.3	5.8	16.1	13.8	20.7	12.6	1788
1841	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1841
1842	1.1	25.8	26.9	0.0	0.0	10 8	29.0	6.4	0.0	39.3	23.8	1.2	1.2	7.1	20.2	7.1	1842
1876	3.2	63.4	0.0	0.0	2.2	5.4	14.0	11.8	4.6	16.1	0.0	1.2	0.0	49.4	4.6	24.2	1876
1877	0.0	19.5	1.1	8.6	1.1	28.0	15.1	26.9	1.2	1.2	0.0	1.2	0.0	60.6	15.5	20.2	1877
1878	1.1	21.5	1.1	0.0	0.0	37.6	16.1	22.6	0.0	3.6	3.6	0.0	1.2	29.8	21.4	40.4	1878
	März								April								
1781	0.0	1.1	8.6	26.9	25.7	18.3	17.2	2.2	0.0	0.0	5.6	38.9	17.8	23.3	14.4	0.0	1781
1782	4.3	2.2	10.8	14.0	24.7	28.0	8.6	7.5	1.1	2.2	15.6	30.0	22.2	18.9	7.8	2.2	1782
1783	6.5	4.3	7.5	7.5	6.5	22.5	28.0	17.2	7.8	2.2	27.8	11.1	5.6	12.2	21.1	12.2	1783
1784	7.5	19.5	11.8	0.0	8.6	18.3	21.5	12.9	7.8	20.0	4.4	0.0	12.2	13.3	28.9	13.3	1784
1785	14.0	7.5	7.5	8.6	3.2	4.3	32.3	22.6	24.4	10.0	3.3	7.8	0.0	8.9	30.0	15.5	1785
1786	19.4	5.4	2.2	6.5	14.0	14.0	8.6	30.0	5.6	0.0	2.2	2.2	2.2	22.2	27.8	37.7	1786
1787	11.8	2.2	4.3	10.8	35.5	15.1	11.8	8.6	17.8	7.8	8.9	16.7	5.6	12.2	22.2	8.9	1787
1788	24.7	10.8	3.2	6.5	7.5	17.2	9.7	20 4	10.0	3.3	1.1	6.7	1.1	10.0	28.9	38.9	1788
1841	—	—	—	—	—	—	—	—	1.4	31.4	20.0	0.0	0.0	0.0	42.9	4.3	1841
1842	0.0	16.1	5.4	1.1	0.0	17.2	54.9	5.4	0.0	35.6	2.2	2.2	0.0	1.1	4.4	4.4	1842
1876	2.2	7.5	5.4	5.4	0.0	35.5	14.0	30.0	0.0	25.9	10.0	10.0	1.1	35.5	13.3	4.4	1876
1877	2.2	17.2	0.0	2.2	0.0	51.6	10.8	16.1	1.1	20.0	2.2	12.2	0.0	30.0	11.1	23.3	1877
1878	2.2	7.5	0.0	1.1	0.0	38.8	11 7	38.7	1.1	32.2	2.2	7.8	0.0	36.7	11.1	8.9	1878

Digitized by Google

Jahrgang	Mai								Juni								Jahrgang
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
1781	1.1	4.3	19.5	29.0	19.4	19.4	6.5	1.1	0.0	0.0	5.6	12.2	25.6	23.3	26.7	6.7	1781
1782	0.0	0.0	4.3	20.4	29.0	34.4	10.8	1.1	3.3	8.9	36.7	18.9	18.9	13.3	0.0	0.0	1782
1783	11.8	34.4	6.5	9.7	5.4	7.5	7.5	17.2	14.4	11.1	5.6	1.1	2.2	34.7	7.8	23.3	1783
1784	19.4	8.6	10.8	1.1	5.4	4.3	22.6	28.0	10.0	1.1	14.4	1.1	0.0	7.8	34.4	31.1	1784
1785	13.3	16.7	11.1	1.1	2.2	8.9	37.7	10.0	6.7	2.2	1.1	0.0	3.3	8.9	46.7	31.1	1785
1786	7.8	2.2	11.1	10.0	15.6	17.8	13.3	22.2	2.3	0.0	18.4	12.6	13.8	11.4	21.9	19.5	1876
1787	0.0	3.2	10.8	17.2	20.4	29.0	17.2	2.2	8.9	7.8	3.3	20.0	18.9	24.4	12.2	4.4	1787
1788	23.6	5.4	0.0	4.3	9.7	10.8	19.4	26.9	17.8	6.7	0.0	4.4	20.0	14.4	10.0	26.7	1788
1841	2.2	31.2	5.4	0.0	4.3	16.1	37.7	3.2	1.1	6.7	1.1	0.0	0.0	4.4	77.8	8.9	1841
1842	2.2	35.5	4.3	15.1	0.0	8.6	9.7	24.2	4.4	13.3	0.0	5.6	0.0	20.0	6.7	50.0	1842
1876	0.0	39.9	8.6	7.5	0.0	25.8	8.6	9.7	0.0	38.2	5.6	3.3	0.0	35.5	13.3	4.3	1876
1877	1.1	21.6	0.0	2.2	0.0	58.0	9.7	7.5	0.0	46.7	8.9	11.1	1.1	22.2	4.3	5.6	1877
1878	0.0	11.8	2.2	7.5	0.0	67.7	5.4	5.4	0.0	32.2	3.3	7.8	0.0	32.2	8.9	15.5	1878

	Juli								August								
1781	2.2	0.0	0.0	6.4	33.3	32.2	15.1	10.8	4.3	4.3	23.7	10.8	21.5	22.6	11.8	1.1	1781
1782	7.5	11.8	4.3	2.2	6.4	8.6	29.0	30.1	2.2	9.7	1.1	5.4	10.8	22.6	31.2	17.2	1782
1783	0.0	10.8	39.9	1.1	0.0	22.6	22.6	3.1	0.0	0.0	5.4	3.2	0.0	61.5	21.5	8.6	1783
1784	22.6	2.2	9.7	1.1	2.2	9.7	31.2	21.5	25.8	9.7	8.6	1.1	2.2	12.9	23.6	16.1	1784
1785	5.4	1.1	0.0	2.2	1.1	29.0	51.5	9.7	1.1	3.2	19.5	6.5	4.3	15.1	40.9	9.7	1785
1786	7.5	24.7	29.0	11.8	10.8	12.9	3.2	0.0	7.5	11.8	14.0	17.2	24.7	8.6	11.8	4.3	1786
1787	1.1	0.0	18.3	19.5	27.9	17.2	16.1	0.0	16.1	24.7	24.7	6.5	2.2	5.4	11.8	8.6	1787
1788	3.2	0.0	0.0	0.0	14.0	16.1	46.3	20.4	12.9	0.0	0.0	0.0	4.3	8.6	43.2	31.2	1788
1841	1.1	2.2	2.2	1.1	0.0	29.0	60.1	4.3	0.0	10.8	6.5	4.3	0.0	34.4	43.2	1.1	1841
1842	4.3	5.4	1.1	8.6	0.0	15.0	23.7	42.0	0.0	20.4	10.8	8.6	1.1	8.6	17.5	33.3	1842
1876	3.2	26.9	3.2	17.3	0.0	35.5	4.3	9.7	0.0	34.4	6.5	8.6	0.0	35.5	6.5	8.6	1876
1877	0.0	14.0	2.2	14.0	0.0	60.1	7.5	2.2	0.0	11.8	12.9	8.6	4.3	54.9	6.5	1.1	1877
1878	1.1	18.3	0.0	1.1	0.0	50.6	11.8	17.1	0.0	11.8	5.4	7.5	1.1	59.2	6.5	8.6	1878

Digitized by Google

Jahrgang	September								Oktober								Jahrgang
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
1781	0.0	0.0	10.0	15.5	28.9	26.7	15.5	3.3	3.3	0.0	5.4	8.6	10.8	29.0	35.5	7.5	1781
1782	1.1	4.4	10.0	11.1	17.8	27.8	21.1	6.7	6.4	18.3	12.9	12.9	12.9	12.9	18.3	5.4	1782
1783	0.0	7.8	11.1	10.8	32.2	31.1	7.8	0.0	6.4	3.3	18.3	16.2	3.3	22.6	23.7	6.4	1783
1784	15.6	13.0	15.6	7.8	3.4	10.4	26.0	7.8	0.0	3.3	8.6	8.6	7.5	30.1	39.8	2.2	1784
1785	2.2	2.2	16.7	8.9	5.6	8.9	41.1	14.4	10.8	8.3	14.3	6.0	1.2	13.1	28.6	17.8	1785
1786	0.0	2.2	7.8	10.0	16.6	21.1	28.9	13.3	5.4	18.3	26.9	19.4	24.7	2.2	3.3	0.0	1786
1787	14.6	6.1	14.6	6.1	17.1	17.1	19.5	4.9	5.4	4.3	10.7	7.5	9.7	22.6	39.8	0.0	1787
1788	26.7	1.1	0.0	1.1	15.5	20.0	20.0	15.5	10.5	15.8	11.9	2.7	0.0	6.4	24.9	27.5	1788
1841	0.0	15.5	22.2	1.1	0.0	17.8	41.1	2.2	0.0	6.0	13.1	0.0	0.0	24.9	54.6	1.2	1841
1842	1.1	24.4	5.6	6.7	0.0	16.7	17.8	27.8	3.3	7.5	4.3	11.8	3.3	20.4	18.3	31.1	1842
1876	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	60.0	21.1	15.6	3.2	21.5	9.7	9.7	0.0	19.4	11.8	23.7	1876
1877	1.1	25.5	1.1	2.2	0.0	42.2	14.5	13.4	2.2	16.2	2.2	1.1	1.1	35.5	29.0	12.9	1877
1878	0.0	28.9	1.1	2.2	0.0	34.4	16.7	16.7	2.2	16.2	1.1	2.2	0.0	54.9	10.7	12.9	1878

	November								Dezember								
1781	0.0	0.0	1.1	5.6	30.0	52.2	10.0	1.1	6.4	5.4	5.4	9.7	14.0	20.4	32.2	6.4	1781
1782	14.4	15.5	15.5	10.0	2.2	8.9	14.4	18.9	7.5	18.3	15.1	3.3	8.6	11.8	27.9	7.5	1782
1783	5.6	12.2	25.6	5.6	5.6	21.1	15.5	8.9	9.7	7.5	9.7	3.3	11.8	18.4	23.7	16.2	1783
1784	1.1	10.0	6.7	3.3	10.0	33.3	31.0	4.4	6.4	3.3	3.3	2.2	3.3	25.9	36.7	19.3	1784
1785	3.4	1.2	3.4	3.4	5.8	13.8	41.4	27.6	3.3	17.7	11.1	4.4	6.7	16.6	26.7	12.2	1785
1786	28.8	8.9	3.3	3.3	18.9	7.8	14.4	13.3	10.8	14.0	4.3	4.3	21.5	17.3	21.5	6.4	1786
1787	1.1	4.4	15.5	7.8	8.9	20.0	35.5	6.7	16.6	2.2	3.3	4.4	15.5	25.6	24.5	7.6	1787
1788	39.9	4.4	7.8	0.0	3.3	4.4	13.3	26.6	55.2	9.7	1.1	0.0	2.2	0.0	2.2	30.0	1788
1841	0.0	11.1	13.3	0.0	1.1	10.0	63.3	1.1	0.0	11.8	11.8	4.3	0.0	8.6	61.5	2.2	1841
1842	3.3	14.4	6.7	6.7	1.1	10.0	26.8	31.1	4.3	11.8	12.9	15.1	0.0	11.8	23.7	20.4	1842
1876	2.2	18.9	0.4	3.3	0.0	33.3	7.8	34.4	0.0	18.3	0.0	4.3	0.0	56.0	9.7	11.8	1876
1877	1.1	12.2	4.4	4.4	0.0	42.2	35.5	11.1	7.5	22.6	2.2	4.3	0.0	17.3	31.1	15.1	1877
1878	0.0	13.3	0.0	6.7	0.0	32.2	11.1	36.6	10.8	25.8	1.1	4.3	0.0	15.1	14.0	29.1	1878

Digitized by Google

Tab. 7. **Verteilung der Windrichtungen nach Monaten (auf 100 red.).**

1781—88	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	1781—88
Januar	9.6	8.2	7.7	9.8	16.5	18.0	16.0	14.3	Januar
Februar	13.8	13.2	6.7	7.7	10.7	19.3	17.8	11.0	Februar
März	11.0	6.6	7.0	10.1	15.7	17.1	17.1	15.2	März
April	9.3	5.7	8 6	14.2	8.3	15.1	22.6	16.1	April
Mai	9.6	9.4	9.3	11 6	13.4	16.5	16.9	13.6	Mai
Juni	7.9	5.0	10.6	8.8	12.8	17.2	20.0	17.9	Juni
Juli	6.2	6.3	12.7	5.5	12.0	18.5	27.0	12.0	Juli
August	8.7	7.9	12.1	6.3	8.7	19.7	24.5	12.1	August
September	7.5	4.6	10.7	8.9	17.1	20.4	22.5	8.2	September
Oktober	6.0	9.0	13.6	10.2	8.8	17.4	26.5	8.5	Oktober
November	11.8	7.1	9.9	4.9	10.6	20.2	21.9	13.8	November
Dezember	14.5	9.8	6.7	4.0	10.5	17.0	24.4	13.2	Dezember
Jahres-Mittel	115.9	92.8	115.6	102.0	145.1	216.4	257.2	155.9	Jahres-Mittel
Kämtz	115.2	91.2	115.1	102.0	145.2	218.4	254.8	156.0	Kämtz

Tab. 8. **Jährliche Verteilung der Windrichtungen (1200 Beob.).**

Jahrgang	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Jahrgang
1781	25.2	18.7	101.9	187.4	251.1	344.1	215.9	55.9	1781
1782	63.6	104.1	138.1	160.0	195.1	230.1	197.2	111.8	1782
1783	82.8	129.5	190.7	76.7	87.1	278.4	222.5	132.6	1783
1784	136.6	122.6	118.3	51.7	68.9	192.2	342.9	171.9	1784
1785	117.6	90.8	105.6	62.8	40.3	149.0	429.0	205.0	1785
1786	108.9	94.3	125.2	118.7	220.2	180.5	164.2	187.7	1786
1787	129.5	106.3	117.3	120.7	195.9	210.3	240.2	79.7	1787
1788	261.7	69.9	25.5	37.7	115.3	143.1	248.4	298.3	1788
1841	5.8	126.7	95.6	10.8	5.4	145.2	482.2	28.5	1841 [1])
1842	24.1	297.0	103.0	83.3	6.6	147.9	253.2	284.9	1842
1871	12.1	297.6	156.1	108.9	4.8	297.6	169.4	153.6	1871
1872	6.0	242.1	86.1	152.1	2.0	403.9	127.0	181.0	1872
1873	8.4	227.7	116.9	126.5	2.4	363.9	172.3	181.9	1873
1874	7.2	254.5	159.2	132.7	1.3	357.0	130.2	158.0	1874
1875	19.3	362.5	28.9	80.7	2.4	418.1	106.0	181.9	1875
1876	18.6	315.9	49.2	71.0	3.3	425.1	129.0	188.0	1876
1877	17.5	229.0	37.7	72.3	7.7	501.9	179.7	154.5	1877
1878	18.6	223.6	20.8	48.2	2.2	491.0	144.7	251.0	1878

[1]) Zahl der Beobachtungen 900, weil die ersten 3 Monate fehlen.

Digitized by Google

Tab. 9. **Monats- und Jahresmittel der Bewölkung ($^1/_{10}$ des ganzen Himmels).**

Jahrgang	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1781	4.8	5.9	4.3	4.1	3.3	5.7	6.3	6.3	5.8	5.3	6.9	8.2	5.57
1782	7.3	4.7	7.5	7.7	7.0	5.6	5.4	7.7	6.5	8.3	9.1	9.2	7.16
1783	8.6	8.6	7.7	4.5	6.6	7.2	5.9	7.4	7.5	4.0	7.7	8.2	6.99
1784	8.1	8.5	7.3	6.8	4.4	5.7	6.2	7.1	6.0	8.6	8.1	9.4	7.17
1785	8.7	7.9	7.5	7.9	7.6	6.6	8.3	6.2	5.8	5.7	6.3	7.4	7.14
1786	7.6	7.5	7.8	6.3	6.8	6.6	7.8	7.5	7.5	6.9	8.5	8.0	7.40
1787	7.4	7.2	7.4	7.5	7.0	6.0	6.8	5.9	6.5	7.7	6.9	8.2	7.06
1788	6.7	7.7	7.7	6.9	3.3	7.1	5.0	6.5	4.8	5.7	6.6	6.6	6.20
Mittel	7.38	7.23	7.13	6.45	5.75	6.30	6.46	6.82	6.30	6.50	7.50	8.13	6.84
1841	—	—	—	4.4	5.2	6.3	5.1	4.6	3.5	6.1	5.9	7.4	5.37
1842	6.5	5.3	4.6	4.3	4.6	4.5	4.9	4.0	5.7	4.5	6.4	6.8	5.23

Tab. 10. **Heitere Tage.** **Trübe Tage.**

Jahrg.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1781	9	0	8	6	13	4	3	3	6	3	0	0	55	8	6	7	4	2	7	13	13	10	7	10	22	109
1782	1	9	1	1	0	8	6	1	2	0	1	0	30	12	4	15	14	7	14	8	16	5	21	24	29	169
1783	0	0	0	8	1	1	4	1	0	9	1	0	25	23	19	18	5	12	11	4	16	12	1	16	20	157
1784	0	0	0	2	8	2	4	0	0	0	2	0	18	21	20	10	8	7	6	5	9	0	—	19	31	136*
1785	0	0	0	0	0	3	0	2	3	4	3	0	15	21	15	9	12	9	12	21	4	7	4	11	12	137
1786	0	0	0	0	1	3	0	1	0	0	0	0	5	12	13	14	5	9	9	14	11	10	6	14	14	131
1787	0	0	0	0	2	1	0	5	2	0	1	2	13	13	6	11	12	9	4	5	4	5	12	12	21	114
1788	6	1	2	3	10	3	7	1	9	5	3	6	56	15	19	17	14	5	15	7	11	3	10	12	14	142
Mittel	2.0	1.3	1.4	2.5	4.4	3.1	3.0	1.8	2.8	2.7	1.4	1.0	27.1	16	13	13	9	8	10	10	11	7	9	15	20	137
1871	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	104	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	104
1872	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	131
1873	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	111
1874	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	109
1875	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	105
1876	8	2	4	10	8	12	14	15	3	9	1	0	86	13	15	12	7	8	3	1	5	8	12	16	19	119
1877	1	2	3	9	3	15	8	10	7	9	3	0	70	15	10	13	8	11	1	4	2	5	11	15	21	116
1878	1	2	1	7	6	4	7	6	8	4	2	2	52	22	21	4	4	5	1	5	7	5	15	15	15	119

Digitized by Google

Tab. 11. Regenhöhen für Würzburg (mm).

Jahrg.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1781	39.5	71.9	11.0	23.9	48.2	82.0	6.5	20.9	49.5	17.8	40.0	30.0	441.0
1782	75.7	7.5	30.7	21 0	25.1	20.8	27.7	31.3	29.4	53.8	30.3	40.4	403.1
1783	96.9	84.5	91.7	36.5	57.3	107.4	47.8	43.8	73.1	25.0	66.3	40.8	283.6
1785	18.9	32.0	20 7	19.2	34.7	30.0	47.8	19.4	22.3	14.9	13.5	9.9	776.9
1786	46.9	64.1	50.1	34.7	35.6	42.4	49.9	77.1	45.1	31.6	18.0	26.8	522.4
1787	4.7	15.6	21.9	47.4	32.0	24.8	36.3	79.9	12.6	39.9	31.6	37.0	313.8
1788	27.3	30.3	21.9	34.5	30.7	31.4	23.0	35.0	33.4	20.3	15.6	12.2	324.4
Mittel	44.2	44.9	35.4	31.0	37.6	48.4	34.1	35.3	37.9	29.0	30.7	28.1	437.9
Kämtz	38.3	41.3	40.4	29.8	33.8	43.1	32.3	32.5	33.6	24.6	27.3	23.9	400.9
1828	67.2	23.2	27.1	27.1	45.1	18.3	54.1	77.8	3.6	3.6	4.5	33.6	385.1
1829	29.9	19.2	10.7	49.6	31.6	63.2	50.2	43.4	73.3	27.6	55.3	14.7	468.7
1831	88.0	39.5	75.6	88.0	66.5	86.8	22.6	24.8	27.1	10.7	62.6	11.8	604.0
1832	45.8	0.5	23.1	7.3	18.6	52.6	24.8	18.0	3.9	11.3	58.1	41.5	305.5
1833	9.0	38.3	19.6	39.9	2.7	23.7	62.0	81.2	76.9	6.1	28.2	130.2	507.8
1834	35.4	2.3	20.8	2.9	42.6	28.2	46.7	35.0	18.0	43.5	0.5	1.4	277.3
1835	14.2	17.6	58.7	23.0	60.9	1.1	26.8	40.8	5.0	23.2	14.0	1.4	286.7
1836	25.9	4.5	22.6	25.9	41.1	24.1	16.7	9.2	47.4	9.7	89.1	38.3	354.5
1837	20.8	11.3	11.3	31.4	48.0	23.7	31.1	78.5	32.0	18.3	51.0	36.3	393.7
1838	14.7	15.8	32.7	16.9	17.8	64.5	35.4	23.9	11.3	28.6	72.6	—	—
1876	—	—	—	13.5	18.9	82.8	58.5	34.1	130.3	5.6	40.6	62.2	—
1877	43.2	72.5	65.3	34.5	68.9	63.5	80.1	52.8	58.9	26.2	49.3	36.9	651.98
1878	34.8	22.8	54.6	55.8	73.9	25.7	53.1	76.1	33.0	90.7	29.8	34.7	584.75

Regenhöhen für Mannheim.

1781	57.7	45.6	3.6	44.9	55.3	95.6	19.2	85.2	80.8	48.3	83.2	22.1	641.5
1782	32.3	9.2	55.0	75.3	68.1	44.2	19.6	74.0	89.8	49.0	48.0	24.6	589.1
1783	51.4	26.8	62.9	19.9	62.0	114.4	40.6	46.2	28.6	12.2	52.6	67.4	582.0
1784	88.4	21.4	43.8	48.3	23.0	61.4	71.5	71.3	25.7	52.6	27.3	50.3	585.0
1785	24.6	16.2	9.2	32.7	25.9	67.0	82.1	87.5	52.3	42.1	62.9	5.4	633.9
1786	33.2	10.6	62.7	50.8	44.2	52.6	56.8	84.4	53.0	55.3	67.4	46.2	617.2
1787	12.9	16.2	23.9	50.3	50.1	37.0	68.6	33.6	34.1	94.5	15.3	48.5	485.0
1788	18.0	54.0	44.7	16.5	57.3	64.7	50.1	44.0	64.4	60.4	3.6	—	477.7*

Digitized by Google

Tab. 12. Tage mit Schnee.

Jahrg.	Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	i. Jahr	Letzter	Erster	
1781	10	8	2	—	—	—	—	—	—	—	2	—	22	27. III.	23. XI.	
1782	9	9	9	—	—	—	—	—	—	—	13	5	45	26. III.	2. XI.	
1783	8	6	8	—	—	—	—	—	—	—	3	7	32	29. III.	9. XI.	
1784	13	9	3	1	—	—	—	—	—	—	1	13	40	2. IV.	21. XI.	
1785	5	10	7	4	—	—	—	—	—	—	2	1	29	8. IV.	3. XI.	
1786	2	6	7	—	—	—	—	—	—	—	6	2	23	29. III.	1. XI.	
1787	1	1	1	3	—	—	—	—	—	—	1	1	8	30. IV.	25. XI.	
1788	5	6	7	1	—	—	—	—	—	—	4	12	35	5. IV.	26. XI.	
1871	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—	—	
1872	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	
1873	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	—	—	*
1874	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	—	—	
1875	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	—	—	

Tab. 13. Tage mit Gewitter.

Jahrg.	Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr	Erstes	Letztes	
1781	—	—	—	1	2	6	1	5	1	—	—	1	16	20. IV.	17. IX.	
1782	—	—	—	3	4	1	4	4	—	1	—	—	17	12. IV.	1. X.	
1783	—	—	—	2	5	5	7	5	—	—	—	—	24	12. IV.	25. VIII.	
1784	—	—	1	—	3	5	2	2	1	—	—	—	14	27. IX.	23. IX.	
1785	—	—	—	—	—	1	4	2	—	—	—	—	7	30. IV.	5. VIII.	
1786	—	—	—	—	2	5	2	—	—	—	—	—	9	13. V.	26. VII.	
1787	—	—	—	1	2	2	4	2	1	2	—	—	14	13. IV.	11. X.	
1788	—	—	—	1	1	2	5	1	1	—	—	—	11	22. IV.	21. IX.	
Kämtz	0.0	0.0	0.1	1.0	2.4	3.4	3.4	2.6	0.5	0.4	0.0	0.2	14.0	—	—	
1827	—	—	1	1	6	7	2	6	2	1	—	—	26			
1828	1	—	1	3	6	—	13	7	6	—	—	—	37			
1829	—	—	—	5	2	6	7	—	1	—	—	1	22			
1830	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1831	—	1	—	6	9	3	7	5	1	1	—	—	33			einzelne Gewitter
1832	—	—	—	—	—	9	3	5	—	—	—	1	18			
1833	—	1	—	1	3	4	5	1	—	—	—	1	16			
1834	1	1	—	2	7	8	15	5	2	1	—	—	42			
1835	—	—	1	2	7	—	13	4	—	—	—	—	27			
1836	—	—	—	—	2	5	4	2	1	1	—	—	15			
1837	—	—	—	1	3	2	6	6	2	1	—	—	21			Gewittertage
1838	—	—	—	—	—	9	4	6	3	—	—	—	22			
1876	—	—	—	1	—	4	8	—	3	—	—	—	16			einzelne Gewitter
1877	—	1	1	—	1	7	9	2	1	—	—	—	22			
1878	—	—	2	2	8	7	6	7	1	1	—	—	34			

f

Digitized by Google

Tab. 14. Tage mit Niederschlägen.

Jahrg.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1781	16	20	3	10	7	15	5	13	15	7	10	8	129
1782	21	9	19	14	15	7	9	15	9	14	17	13	162
1783	22	15	18	8	11	15	7	9	15	5	12	7	144
1784	16	12	11	11	6	10	10	8	2	12	8	15	121
1785	6	10	7	6	9	9	18	7	5	5	5	3	90
1786	7	10	10	7	7	8	11	16	9	6	8	12	111
1787	2	6	13	14	13	9	11	3	4	10	10	12	107
1788	11	14	15	14	12	15	14	14	12	7	9	13	148
Mittel	12.6	12.0	12.0	10.5	10.0	11.3	10.6	10.6	8.9	8.1	9.9	10.2	126.7
Kämtz	12.9	12.0	11.9	10.5	10.5	12.1	11.1	11.1	9.0	8.2	9.9	10.3	129.5
1828	9	6	16	18	15	6	23	17	9	13	11	12	155
1829	15	9	8	13	10	—	15	17	20	16	15	—	—
1832	6	2	13	6	11	20	9	13	9	7	11	14	121
1833	7	13	14	16	3	11	18	17	14	7	17	31	168
1834	19	8	13	10	11	16	11	11	6	12	7	9	133
1835	9	16	10	18	18	7	11	9	6	19	6	9	138
1836	15	7	16	17	4	14	10	8	17	11	19	—	—
1837	10	11	13	14	19	9	13	10	11	15	22	10	157
1838	3	11	18	12	10	17	15	12	3	14	14	—	—
1871	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	83*
1872	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	98*
1873	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	113*
1874	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	103*
1875	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	117*

Digitized by Google

Tab. 15. **Tage mit Nebel.**

Jahrg.	Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1781	6	5	8	1	1	3	—	—	—	6	7	8	45
1782	3	3	1	—	—	—	—	—	15	7	2	1	32
1783	4	4	1	—	1	16	13	7	8	6	1	—	61
1784	4	—	5	6	—	—	—	1	—	1	2	—	19
1785	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	7	—	9
1786	1	1	2	—	—	—	—	2	2	2	1	2	13
1787	5	13	2	—	1	—	—	—	3	8	1	7	40
1788	7	5	10	1	—	1	—	1	2	4	11	1	43
1871	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
1872	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
1873	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36
1874	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43
1875	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23
1876	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1877	4	—	—	—	—	—	—	2	5	9	6	1	27*
1878	—	5	1	—	1	2	—	—	10	12	9	1	41*

Digitized by Google

Literaturverzeichnis.

Hellmann G., Repertorium der deutschen Meteorologie, Leipzig 1883. Darin: Die Literatur über Huberti 212/3; Horsch 602; Egel 109 und Mannheim 312 II: Ephemerides Societatis Palatinae Meteorologicae I—VIII; Schön 441—443; Osann 369/70; Riepertinger 835; Hofmann 209; Würzburg 834/35.

Unter diesen Titeln bei Hellmann nicht angegeben:

Horsch, Ph. Jos., Versuch einer Topographie der Stadt Würzburg 1805.

Ökonomische Neuigkeiten und Verhandlungen Bd. 1827—1838.

Heller, A. u. J., Witterungsbeobachtungen aus dem Kgl. Hofgarten zu Würzburg (Manuskript im Besitze des historischen Vereins von Unterfranken).

Beobachtungen der meteorol. Station Würzburg (1898—1904). (Manuskript im Besitze des Beobachters Herrn C. Marstaller.)

Bavaria, Landeskunde des Königreichs Bayern III, 1.

Beobachtungen der meteorologischen Stationen im Königreich Bayern 1880—1897.

Brückner, Ed., Klimaschwankungen etc., Wien 1890.

Bunsen, R. W., Enumeratio ac descriptio hygrometrorum etc. 1830 [Hellmann 68].

Hellmann 93 ff:

Dove, H., 1: De barometri mutationibus, Berlin 1826.

Dove, H., 26: Meteorologische Untersuchungen, Berlin 1837.

Dove, H., 27: Fortschritte der Hypsometrie und Barometrie. Doves Rep. Phys. I, 1837.

Dove, H., 30: Über die nichtperiodischen Änderungen der Temperaturverteilung auf der Oberfläche der Erde. Abhandl. Akad. Berlin.

Dove, H., 32: Fortschritte der Meteorologie. Doves Repert. d. Phys. III 1839; IV 1841.

Dove, H., 40: Verteilung des atmosphärischen Druckes in der jährlichen Periode.

Dove, H., 64: Temperaturtafeln, Berlin 1848.

Dove, H., 49: Über die Veränderung der Temperatur der Atmosphäre.

Dove, H., 115: Klimatologische Beiträge I—IV, Berlin 1857—69.

Dove, H., 136: Über die periodischen Änderungen des Druckes der Atmosphäre. Abhandl. Akad. Berlin 1860.

Erk, Die Bestimmung wahrer Tagesmittel der Temperatur. Abhandl. der Münchener Akademie II. Kl., XIV. Bd., II. Abt., 1883.

Digitized by Google

Fries, L., Chronik der Stadt Würzburg.
Günther, S., Handbuch der Geophysik II, Stuttgart 1899.
Hann, J., Handbuch der Klimatologie, Stuttgart 1897.
Hann, J., Lehrbuch der Meteorologie.
Hann, J., Die Temperaturverhältnisse der österreichischen Alpenländer. Wiener Sitzungsberichte Bd. 90—92, II. Abt.
Jelinek, Anleitung zur Anstellung von Beobachtungen nebst Hilfstafeln, Wien 1876.
Kämtz, K. Fr., Lehrbuch der Meteorologie, Halle 1831—36, 3 Bde.
Kämtz, K. Fr., Vorlesungen über Meteorologie, Halle 1840.
Kastner, Fr., Handbuch der Meteorologie, Erlangen 1823—30, 3 Bde.
Köppen, O., Tafeln zur Ableitung der Mitteltemperatur der gebräuchlichsten Kombinationen. Repert. f. Meteorologie Bd. III, Nr. 7, 1873.
Hellmann 269 ff.:
Lamont, Joh. von, 4: Darstellung der Temperaturverhältnisse im Königreich Bayern.
Lamont, Joh. von, 8: Meteorologischer Verein in Bayern.
Lamont, Joh. von, 9: Über zweckmässige Anstellung meteorolog. Beobachtungen.
Lamont, Joh. von, 42: Über die Temperaturverhältnisse im Königreich Bayern.
Lamont, Joh. von, 47: Über die neuerlich aufgefundenen meteorologischen Beobachtungen vom Hohenpeissenberg.
Lamont, Joh. von, 141: Das Beobachtungssystem der Societas Palatina und der gegenwärtige Stand der Meteorologie.
Lamont, Joh. von, 148: Tafeln zur Berechnung der mittleren Temperatur aus Beobachtungen einzelner Stunden.
Lang, C., Die Bestrebungen Bayerns auf meteorol. Gebiet. Sitzungsberichte Akademie München 1890.
Meyer, H., Anleitung zur Bearbeitung meteorolog. Beobachtungen für die Klimatologie, Berlin 1891.
Schlögl, G., Tabulae pro reductione barometri etc., Ingolstadt 1787.
Schmid, E. E., Lehrbuch der Meteorologie, Leipzig 1860.
Schouw, Beiträge zur vergleichenden Klimatologie, Kopenhagen 1827.
Sprung, Lehrbuch der Meteorologie, Hamburg 1885.
Traumüller, Die Mannheimer Meteorol. Gesellschaft, Leipzig 1885.

Digitized by Google

Vicia Orobus DC. und ihre Heterotrichie.

Von

Gregor Kraus.

Mit 2 Tafeln.

Der berühmte einzige deutsche Standort der Vicia Orobus (Ervum Orobus Kittel) am Fusse des Wintersberges bei meinem Geburtsorte Orb ist vor nunmehr bald 100 Jahren von dem dortigen Landgerichtsarzt Dr. *Braun* aufgefunden worden.

Dem Auge eines Mannes wie *Braun*, der seinerzeit zu den besten Kennern der Spessartflora gehörte, konnte die eigenartig schöne[1]) Wicke, die fast vor den Toren seines Wohnortes blüht, nicht wohl entgehen. Er selber aber hat über den seltenen Fund keine Mitteilung in die Öffentlichkeit gemacht. Die Entdeckung kam erst zum Vorschein, als *Behlen* seinen „Spessart" schrieb und im I. Teil des dreibändigen Werkes der Pflanzenwelt des Spessarts ein Kapitel widmete (I. 1823. S. 78—138).

Diese grundlegende, recht verlässige erste Spessartflora ist nur teilweise von *Behlen* geschrieben, sie gründet sich wesentlich auf Mitteilungen wohlunterrichteter Liebhaber der Botanik, unter denen bei den Seltenheiten des Gebietes der Name *Braun* als Gewährsmann in erster Linie auftritt. Da heisst es denn (S. 106): „Orobus

[1]) Die porzellanweissen Schmetterlingsblüten meiner Landsmännin sind in der Tat so fein mit Purpur angemalt und so zartblau liniert, dass diese Zeichnung selbst unsern sonst so nüchternen grossen Erlangener Floristen zu den ungewohnten Worten „schön bemalt" und „lieblich bemalt" hinrissen. Auch *James Ed. Smith* beginnt seine Beschreibung der Blüte: „Flowers of a delicate cream-colour."

Digitized by Google

sylvaticus — in den Hecken am Fuss des Winterberges, im Hasselgrunde, aber selten, bei Lettgenbrunn in Hecken neben dem Wege nach dem Hohenberge — die in Teutschland einzig bekannten Standorte — (*Braun*)."

Es lässt sich begreifen, dass aus diesem Nicht-Fachwerke heraus die interessante Entdeckung *Brauns* die gewünschte Beachtung nicht fand und fast zwei Jahrzehnte unbekannt blieb.

Den botanischen Fachkreisen ist das Vorkommen der Vicia Orobus bei Orb erst durch *Kochs* Werke bekannt geworden. *Koch* selbst hat die Pflanze durch „*Anton Hoffmann* aus Würzburg" erhalten und diesen anfänglich für den Entdecker erklärt (Synopsis 1838 [I. deutsche Aufl.] S. 193). Aber schon ein Jahr später hat er seinen Irrtum richtig gestellt, indem es (*Röhlings* Deutschlands Flora, fortgesetzt von *Koch*, V. Bd., 1839, S. 167) heisst:

„Diese sehr seltene Art wächst auf Wiesen und neben Gebüsch am Fusse des Winterberges bei Orb im Spessart, wo sie von dem damaligen Physikus auf der Saline von Orb, Dr. *Braun*, jetzt Stadtphysikus in Fürth, entdeckt wurde. Später erhielt ich die Pflanze durch die Güte von dem damaligen Privatdozenten *A. Hoffmann* in Aschaffenburg."

Auch in seinen späteren Werken bleibt *Koch* bei der vorstehenden einzigen Standortsangabe, und dadurch ist sie die alleinige und stereotype in den Floren geworden; die anderen Standorte *Brauns* wurden nur von wenigen gekannt und doch existieren dieselben noch. Den einen derselben habe ich vor vielen Jahren, als Student (in den 60er Jahren), ohne zu wissen, dass er schon *Braun* bekannt war, aufgefunden. Er liegt auf der anderen Seite des Wintersberges, im Haseltal. Dort, in der „hinteren Hasel", hinter der „letzten Mühle", stehen auf einer Wiese einzelne Stöcke, nicht entfernt so abundant wie am Hauptstandort, wie ja schon *Braun* bemerkt. Der andere gewöhnlich nicht genannte Standort ist zwei Stunden in SSE von Orb, zwischen Lettgenbrunn und dem Hohenberg gelegen; es ist offenbar dieselbe Stelle, welche *Cassebeer* und *Theobald*, die dort botanisierten, in der Flora der Wetterau S. 189 mit „Villbach" meinen. Denn Villbach-Lettgenbrunn sind zwei zusammengehörige Gemeinden am Fusse des Hohenberges. Ich selbst habe diesen Standort nicht kennen gelernt; aber der ehemalige Salinenbrunnenmeister *Uhl*, der die Orber Seltenheiten sehr gut kannte und oft fremde Botaniker in der Gegend geführt hat, versicherte mir gesprächsweise wiederholt, dass Vicia Orobus im Hohenberg wachse.

Digitized by Google

In jüngster Zeit hat Herr Lehrer *Müller* in Orb die Pflanze auch auf der anderen Seite des Baiertals, im sog. „kurzen Tal" getroffen (briefl. Mitt. an mich, 7. Juni 1899). Ein Vorkommen am Gaisberg aber, das *Kittel* (Programm S. 168) behauptet, kann weder ich noch Lehrer *Müller* bestätigen oder leugnen.

An all den drei Orten ist die Pflanze lange nicht so reich vorhanden wie am Wintersberg[1]). Offenbar ist der Fuss des Wintersberges im Baiertal der Mittelpunkt des Vorkommens im Hinterspessart, die anderen Standorte nur Ausstrahlungen.

Weiter entfernt von Orb, tiefer im Spessart, ist in der langen Zeit bis auf den heutigen Tag kein neues Vorkommen bekannt geworden; es tauchte zwar immer einmal die Bemerkung auf „auch sonst im Spessart"; aber es hat sich niemand gefunden, der die begreifliche Neugierde der Freunde dieser Pflanze durch eine bestimmte Angabe befriedigt hätte. —

Vor ungefähr sieben Jahren habe ich einen Standort im Spessart festgestellt, der offenbar zu dem von Orb nicht unmittelbar in Beziehung steht und etwa vier Stunden vom Wintersberg entfernt, im Lohrtal unfern der Station Partenstein, also tief im Spessart, gelegen ist. Schon als Gymnasialschüler, Ende der 50er Jahre, hatte ich einmal — es war Anfang August und der Herbstferien — an einer Stelle im Lohrtal, die dem Standort am Wintersberg ziemlich ähnlich sieht (SW-Exposition unter dem Walde) sterile Laubstücke gefunden, hatte aber damals die Sache nicht weiter verfolgt. Erst als ich im Jahre 1898 nach Franken kam, nahm ich diese Spur wieder auf und fand in der Tat am 2. Juni 1899 genau an dieser Stelle die Pflanze blühend und in üppigster Entwickelung, in einer Menge und zugleich in einer Ausdehnung, welche dem berühmten Orber Standort kaum etwas nachgibt[2]).

Die neue Pflanze tritt ganz wie die alte auf, sowohl frei auf den geneigten Bergwiesen, wie in den begrenzenden Hecken, auch wohl bis in den Waldessaum hinein. In ihrer Nähe und mit ihr findet sich auf den Wiesen z. B. Calluna, Viscaria, Centaurea nigra(!), Dianthus superbus, Tormentilla, Thesium[3]).

[1]) Der Orber sagt Wintersberg, nicht Winterberg.

[2]) In der Sitzung der physik.-med. Gesellschaft vom 8. Juni 1899 wurde die blühende Pflanze von mir demonstriert. Kurz darauf wurde sie reichlich gesammelt und in der Flora exiccata bavarica unter N. 165 als wiedergewonnener hochgeschätzter Mitbürger — die Floristik muss nun einmal ihrer ganzen Natur nach fanatisch partikularistisch sein — gerne ausgegeben (gesammelt 24. Juni 1899).

[3]) Nach einem Brief *Schenks* an *Koch* (10. Juni 1843) sind Mitbewohner

Digitized by Google

Die nähere Untersuchung der Exemplare zeigte eine absolute Übereinstimmung in allen wesentlichen Merkmalen. Nur Eines frappierte mich zunächst auf das allerhöchste. Ich hatte die Orber Pflanze, die ich seit meiner Gymnasialzeit oft im Herbst in Blüte besucht hatte, absolut kahl in Erinnerung; die neue Pflanze war total dicht behaart. Und mein Erstaunen ward noch grösser, als ich in allen Beschreibungen — ich gestehe offen, dass ich früher nie eine Diagnose angesehen hatte — diese zottige Behaarung (seit die Pflanze entdeckt ist) immer als ein sehr charakteristisches Merkmal hervorgehoben fand. — Zum Überfluss fand ich auch Herbarexemplare, die *Schenk* im Jahre 1843, und andere, die der fleissige und kenntnisreiche Gewerbeschullehrer *Oechsner* in Aschaffenburg 1859, beidemal im Juni, in Orb gesammelt hatten, und die, ganz wie es die Diagnose behauptet, dicht behaarte Stengel und Blätter haben.

Und doch hat mich mein Gedächtnis nicht betrogen und sollte ich noch Recht behalten.

Wie es der Zufall will, fielen mir die Exemplare in die Hand, die ich selber im Jahre 1867 dem damaligen Apotheker *Sickenberger* in Freiburg (Baden) (nachher Professor an der École de médecine in Cairo) gesandt hatte — als ich dessen Herbar 1899 für mich erwarb. Da lagen nebeneinander aus dem August 1867

1. blühende Zweigstücke, schmächtig, absolut kahl an Stengel und Blatt;
2. mit Fruchtschalen versehene kräftige Exemplare, mit völlig behaarten Stengeln und Blättern.

Jetzt entsann ich mich auch, dass ich beim Sammeln der Pflanzen für Freunde in den Herbstferien immer blühende Exemplare reichlich auf den Ohmetwiesen fand, während ich Fruchtexemplare an dem umgebenden Gebüsch (Eiche) suchen musste und dass ich die Orber Pflanze im Laufe der Jahre wohl dutzendmal hatte blühen sehen, aber immer nur im August.

Und damit kam auf einmal Licht in die Sache: Für den, welcher die einschlägige Literatur, speziell die schönen Untersuchungen *v. Wettsteins* kennt, wäre es überflüssig, weitere Auseinandersetzungen zu

---

per Vicia Orobus in Orb: Orobus tuberosus und niger, Arnica montana, Aquilegia vulgaris, Geranium sanguineum. — Ich kann aus den 60er und 70er Jahren diese Pflanzen bestätigen und hinzufügen: Achyrophorus maculatus, Dianthus superbus, massenhaft Orchis ustulata und Botrychium Lunaria, Spiranthes autumnalis. Selbstverständlich aus verschiedenen Jahreszeiten.

Digitized by Google

machen. Offenbar liegt hier ein Fall von — im reinsten Wortsinn gesprochen — Saison-Dimorphismus vor. Unsere Pflanze ist heteromorph, d. h. im Juni und August dimorph. Die Orber Pflanze wächst der Hauptmasse nach auf einer Wiese und blüht dort normalerweise im Juni. Diese Normalpflanze ist zottig behaart. Aber noch in der Blüte wird sie beim Heumachen abgemäht. Mit dem zweiten Triebe der übrigen Wiesenpflanzen machen die stehen gebliebenen oberirdischen oder unterirdischen Stummeln der Achse neue Stengel und diese blühen gewöhnlich im August zum zweiten Male. Diese neuen Triebe sind völlig kahl. Neben ihnen erhalten sich — von der Sense verschont — in den Hecken Exemplare aus dem Juni, die natürlich Früchte tragen.

Dass sich die Sache wirklich so verhält, habe ich im Jahre 1901 am neuen Standort durch den Versuch festgestellt. In diesem Jahre besuchte ich die Pflanze am 6. Juni und fand die üppigste Entwickelung blühender Exemplare (40—50 cm hoch), alle dicht und weithin sichtbar grau behaart. Von einer Anzahl Exemplare — mehr als ein Dutzend —, die an ungefährdeten Stellen wuchsen, wurden die blühenden Stengel verschieden hoch über der Erde abgeschnitten. Als ich am 28. August desselben Jahres die Stelle wieder besuchte, waren 20—30 cm lange Triebe, einzelne mit Früchten, herausgewachsen, schmächtiger natürlich, absolut kahl!

Diese Eigentümlichkeit unserer Pflanze, zuerst behaart und dann kahl aufzutreten, verdient ebenso sehr durch einen festen Namen gekennzeichnet zu werden, als man es bei ähnlicher Erscheinung der Blätter getan hat; wie man hier schon längst von Heterophyllie spricht, so ist unsere Erscheinung eine Heterotrichie.

Aufmerksamen Beobachtern ist übrigens schon früher nicht entgangen, dass auch an der Normalpflanze die Behaarung keineswegs gleichmässig ist. Sie nimmt mit der Zeit bei der Entwickelung der Pflanze ab. Es sind die oberen Teile des Haupttriebes und die Seitenäste der unteren Stengelteile merklich kahler, ohne dass ich aber völlige Kahlheit hätte finden können. Einzeldaten über die Behaarungsverhältnisse habe ich unten zusammengestellt.

Die biologische Bedeutung der Heterotrichie ist, wie es scheint, unter Beiziehung der Haaranatomie durchsichtig. Die Haare unserer Pflanze sind einzellig, glatt, bastfaserähnlich. An eine Wirksamkeit des unteren dünnwandigen Endes und seines toten Lumens ist doch nicht zu denken. Die Haare können demnach als eine Zellulose-

Digitized by Google

decke angesehen werden, die sich für Licht- und Transpirationsschutz eignet und so verwendet wird.

Im ersten Frühling eilt unsere Pflanze den übrigen Wiesengewächsen voraus und ragt über ihre Umgebung so hervor, dass sie weithin auf der Wiese als höherer Busch gesehen wird. Im Verlaufe des Frühsommers wird sie allmählich von der Umgebung eingeholt und steckt dann so zwischen dieser, dass sie an den später entstehenden Teilen der Behaarung viel weniger benötigt als anfangs. — Beim zweiten Austrieb gar, nach der Heuernte, wächst sie langsamer, geht über ihre Umgebung nicht hinaus, eine Haardecke erscheint überflüssig. —

Ich habe im vorstehenden nur von einer Verschiedenheit in der Behaarung bei den Vor- und Hochsommerpflanzen geredet, teils weil dies die auffallendste Erscheinung, teils weil sie neu erscheint. Es muss nun aber auch eine zweite Differenz zwischen Vor- und Hochsommerexemplaren erwähnt werden. Es ist nämlich auch eine sehr deutliche Heterophyllie vorhanden. Die Foliola unserer Pflanze sind nach Grösse und Form verschieden. Die Foliola der Normalpflanze werden von *Koch* „eilänglich und lanzettlich" genannt, in der Tat sind die Blättchen gewöhnlich zugespitzt, und der grösste Querdurchmesser liegt bald mehr bald weniger unterhalb der Mitte. Eine solche Zuspitzung freilich, wie sie in den Bildern von *Oeder* und *Smith-Sowerby* hervortritt, habe ich bei der deutschen Pflanzen nie gesehen; zu unserer deutschen Pflanze stimmt *Chomels* Zeichnung besser (Pflanze aus der Auvergne).

Bei der Augustpflanze ist nun gewöhnlich die Form eine fast rein elliptische bezw. lanzettliche; das Blättchen erscheint mit grösstem Querdurchmesser in der Mitte, wie es unsere Figur auf Tafel VII wiedergibt.

Dass die Vorsommerpflanzen gewöhnlich schmälere Foliola haben, springt auf den ersten Blick in die Augen und erhellt zahlenmässig aus nachstehender Tabelle:

	Längs- und Querdurchmesser	
	bei der Juni-	bei der Augustpflanze
Orb	3,7 : 1	2,8 : 1
Partenstein	3,7 : 1	2,3 : 1.

Die aus Stavanger stammende norwegische Pflanze bei *Oeder* und die französische Abbildung *Chomels* zeigen zwar ähnliche Verhältnisse (3,6 : 1), aber auch geringere (3,0 : 1).

Digitized by Google

Ob auch die Durchschnittsflächen der Foliola vom Vor- und Spätsommer verschieden sind, habe ich nicht untersucht.

Die im vorstehenden geschilderte Eigentümlichkeit unserer Pflanze, wenn sie im natürlichen Lebenslauf gestört wird, das Leben in geänderter, den neuen äusseren Verhältnissen entsprechender Form fortzusetzen, ist gewiss sehr interessant.

Man sieht leicht, dass diese Fähigkeit unsere Pflanze in den Stand setzen würde, in zwei an die Jahreszeit angepasste Unterarten zu zerfallen. Es brauchten nur die Vor- und Spätsommerpflanzen Samen zu tragen und samenbeständig zu sein — und die Spaltung der Pflanze in zwei Saison-dimorphe Arten — eine robustere zottig behaarte und eine grazile und kahle — wäre fertig.

Näheres über die Pflanze aus der Literatur.

1. Bilder und Beschreibung.

Der erste Entdecker der Pflanze, *John Ray*, ist auch ihr erster Beschreiber, im Catalogus plantarum Angliae et insularum adjacentium. Londini 1670. kl. 8°. p. 339—340. Er nennt sie bezeichnenderweise Orobus sylvaticus nostras. Mit einer kleinen Variante kehrt die Beschreibung in seiner Historia plantarum T. II 1793 p. 1892 wieder, und dieser letztere Abdruck wird von *Linné* gewöhnlich zitiert.

Die Beschreibung lautet:

Radice nititur crassa, lignosa, perpetua, unde caules exoriuntur numerosi, pedales aut cubitales, terram versus reclinati, hirsuti, striati ramosi. Folia Viciae vulgaris minora, conjugatim ad eandem costam adnexa, ad septem aut octo paria, nullo in extrema costa neque impari folio, neque clavicula. Flores sex aut septem in eodem surculo seu communi pediculo, e foliorum sinu egresso, conferti, ut in Lathyro luteo dumetorum, purpurei. Siliquae breves, latae, glabrae, duo vel tria, rarius plura semina continentes. Haec ex sicca.

At Bigglesby, in the way to Pereth in Cumberland from Hexham, in the hedges and pastures: as also below Brecknock-hills, in the way to Caerdiff; and in the Merionish-shire, near a little village going down the hill from Denbigh, not far from Bala.

In der „Historia" heisst es statt vorstehender Standortsangabe:

Digitized by Google

Ad sepes et in pascuis circa Bigglesby Cumberlandiae vicum, itinere a Hexham ad Pereth oppidum observavimus copiosam, *Tho. Willisell* infra montem Brecknock eundo ad Caerdiff Walliae urbem: item in comitatu Merionethensi non procul a Balae oppido prope vicum quendam in descensu montis Denbighensis D. *Sutherland* in Scotia invenit.

Die erste ausführliche Beschreibung und zugleich das erste Bild unserer Pflanze gerade jetzt vor 200 Jahren erschienen. Sie steht mit dem Randdatum 17. März 1706 in der Histoire de l'Académie royale de Paris. Année 1706. p. 87—90, und sind von *Chomel*. Ich verdanke die Einsicht dieses Bandes der kgl. Bibliothek in Berlin. Die Beschreibung der Pflanze, die vom Mont d'or stammt, nimmt über drei Quartseiten ein und ist für ihre Zeit sehr genau und sorgfältig. Wenn der Habitus der Pflanze im Bilde weniger gut getroffen ist, so entschädigt es durch grosse Korrektheit im einzelnen, insbesondere auch der Behaarungsverhältnisse. Im übrigen hat sie eine Darstellung der Foliola, welche mit einer Form, die auch bei der Spessarter Pflanze vorkommt, übereinstimmt: stumpfe Spitze und aufgesetztes kleines Spitzchen! — In der linken Ecke der Tafel II habe ich ein Stückchen des *Chomel*schen Bildes reproduziert. Mit einem Blick sieht man, dass die Auvergner Pflanze Blättchen ohne alle Zuspitzung hat, ganz wie die deutsche Spätsommerpflanze.

Von den späteren Bildern ist das in *Oeders* Flora danica 1761 Tab. XCVIII erschienene einer Pflanze von Stavanger unbedingt das hübscheste. Es stellt in wohlgelungenen Farben einen ganzen blühenden Trieb dar, auch Wurzel, Blütenanalyse und Frucht. Der Stengel ist seiner ganzen Ausdehnung nach dicht kurzhaarig. Behaarung der Blätter und Kelche nicht angegeben. So stark zugespitzte Blätter, wie hier bei der norwegischen Pflanze gezeichnet sind, haben die Spessarter Pflanzen nie.

Der obere Teil dieser Abbildung ist von *Axel Blytt* in seiner Norges flora p. 472 etwas verkleinert schwarz kopiert.

Dem Stich von *Lightfoot* (Flora Scotica 1777. I. p. 390. Tab. XVI) macht schon *Smith* (Engl. bot. VIII. 518) den Vorwurf, dass er die Pflanze zu stark behaart darstelle. "The figure of *Lightfoot*, however, as Mr. *Robson* observes, represents it to hairy all over." Nach unseren Spessarter Exemplaren zu urteilen, trifft das etwas für die Blätter zu; sie sind nicht immer, aber öfter so behaart. Der Stengel dagegen hat vor allen bekannten Bildern den Vorzug, einzig und allein die zottige Behaarung richtig wiederzugeben; auch sind

Digitized by Google

im übrigen die Behaarungsverhältnisse bis in die Blütenstiele richtig dargestellt; nur am Kelch sind sie vergessen. — Aber die überaus starke lange Zuspitzung der Foliola fällt hier, bei der schottischen Pflanze, noch mehr auf als bei der norwegischen. —

Während die vorhergehenden Bilder den Charakter der dargestellten Pflanze im ganzen gut wieder geben, hat das im Jahre 1799 im VIII. Band der English botany von *Smith* und *Sowerby* erschienene farbige Bild so wenig Ähnlichkeit, dass danach gewiss niemand unsere Pflanzen erkennen würde. — Eine genaue Kopie dieser unbrauchbaren Darstellung steht in *Joh. Jak. Römers* Flora europaea inchoata fasc. XI (1806).

Nach *Pritzels* Index Icon. bot. finden sich Bilder der Vicia Orobus auch in *Curtis* Flor. londin. Vol. IV. tab. 8 (1821) und *Loddiges* Botanical Cabinet tab. 1181 (1825). Es schien mir nicht nötig, diese Bilder einzusehen.

2. Behaarung.

Die Behaarung der Pflanze wird von Anfang an als charaktestisch hervorgehoben.

In der ersten Beschreibung der Pflanze durch ihren Entdecker *Rajus* (Catal. plant. Angliae 1670 p. 339) heisst es gleich: caules .... hirsuti. — *Linnés* (Spec. pl. 1763 p. 1029): caule ramoso hirsuto ist wohl dem *Ray* entnommen. Auch neuerdings heisst die englische Pflanze behaart: "stems hairy" (English botany by *Smith* and *Sowerby* Vol. VIII. 1799. tab. 518).

Die schottische Pflanze nennt *Lightfoot*: "Many hairy."

Von der dänischen Pflanze heisst es: „hele planten haaret". *Lang*, Haandbog. 4. Aufl. 1886—88. p. 842.

Von der norwegischen Pflanze sagt *Blytt* (Haandbog i Norges flora, jüngste Aufl. S. 472: „Teml. langt blødhaaret".

Die Pflanze der französischen Standorte heisst: „plante .... plus ou moins couverte de poils mous". Gren. et Godr. I, 467.

Die Verfasser des Prodr. flor. hisp. haben Specimina nicht gesehen; nach ihren Gewährsmännern (*Amo* und *Texidor*) ist die spanische Pflanze „pubescens vel puberula — — foliis glabris". — *Willkomm* et *Lange* III, 302.

Offenbar ist also die Pflanze allerorts auffallend behaart.

Die Angaben über die Orber Pflanze, die *Koch* macht (*Röhling* und *Koch*, Deutschlands Flora Vol. V. 1839. S. 166) lauten auch dahin, doch steht da ein für uns beachtenswerter Beisatz: „Die

Digitized by Google

Stengel . . . nebst den unteren Blättern mehr oder weniger zottig, oberwärts aber auch öfters kahl. Schon in der Engl. botany ist zu lesen: "The hairiness of the whole herb is variable."

Nach meinen Erfahrungen ist die Pflanze, wie sie auf Wiesen und in Hecken wächst, in der Behaarung tatsächlich wechselnd. Sie ist unten an Stengel und Blatt anfangs zottig und ersterer manchmal rostfarben behaart. Gegen oben wird die Behaarung sukzessive dünner. Auch die Seitenäste werden, je jünger sie sind, um so kahler. In den obersten Teilen kann die Pflanze fast kahl erscheinen.

3. Blütezeit.

Für unsere deutsche Pflanze wird von *Koch* und *Kittel* gleichmässig Mai—Juni angegeben. *Prantl* nennt nur Juni. Ganz in derselben Weise wird von *Smith* für die englische und von *Grenier-Godron* für die französische Pflanze Mai und Juni als Blütezeit genannt. Für die spanische Pflanze nennen *Willkomm* und *Lange* (allerdings mit n. v.) Mai bis Juli. Es ist wohl nicht zufällig, dass für die skandinavischen Standorte die Blütezeit Juni bis Juli heisst. So gibt *Knuth* für Schleswig, *Lange* für Dänemark, *Hartmann* wie *Blytt* sogar Juni—August an. Auch *Lightfoot* (Flor. scot. Vol. I, 390) schreibt: VII.

Über die Samenreife finde ich die einzige Angabe von *Smith* (l. c.): "The seeds are quite ripe in July."

4. Verbreitung der Pflanze.

Bekanntlich hat unsere Pflanze eine der merkwürdigsten Verbreitungsweisen in Europa. Durch und durch atlantisch, ist ihr Zentrum in England und von da mag sie zur Zeit, als die britischen Inseln noch mit dem Kontinent zusammenhingen, herüber gekommen sein[1]). Wie versprengt tritt sie auf dem Festland an ein paar Punkten auf, in den Pyrenäen und Nordspanien, mitten in Frankreich in der Auvergne, im skandinavischen und schleswig-jütischen Küstenland und dann im Spessart[2]). Letzteres ist der östlichste Punkt, den sie erreicht. Die Angabe, die sich auch bei *Schenk* (Verh. phys. med. Ges.

[1]) *Aug. Schulz*, Entwickelungsgeschichte der phanerogamen Pflanzendecke Mitteleuropas etc. Stuttgart 1899, S. 361 Anm.

[2]) Ich habe eingangs die Spessarter Standorte, die einzigen deutschen genannt. Die schleswigschen Standorte sind pflanzengeographisch genommen nicht kontinentale, sondern gehören in den skandinavischen Bereich.

Digitized by Google

Bd. 1. 1850. S. 236) findet, dass Vicia Orobus in Siebenbürgen vorkomme, lässt sich nicht mehr festhalten. „Vicia Orobus wird nur von älteren Autoren für Siebenbürgen angegeben, so insbesondere von *Schur* (Sert. flor. Transsylv. N. 765. — Enum. flor. Transs. p. 171). In neuerer Zeit hat die Pflanze niemand wieder in Siebenbürgen beobachtet und *Simonkai*, dessen Bearbeitung der Flora sehr gewissenhaft ist (Enum. flor. Transs. p. 198 [1886]), erklärt mit Bestimmtheit auf Grund eingesehener Exemplare, dass die Pflanze, welche die früheren Autoren für Vicia Orobus hielten, Orobus variegatus Ten. sei." Gefällige briefliche Mitteilung Professor *v. Wettsteins* vom 2. XII. 1899.

Die Verbreitung der Pflanze in England — die reichste — ist in *Watsons* Topographical Botany, sec. Ed. 1883 p. 120 am sichersten notiert. Die Pflanze geht ungefähr über 7 Breitegrade ($50^1/_2$—$57^1/_2{}^0$) mit 27 fixierten Standorten. 4 davon sind in Südengland (hauptsächlich in Devonshire), etwa 10 in Wales, von da springt die Pflanze über Isle of Man nach Südschottland, wo ungefähr 10 Standorte, südlich von Edinburgh. Ihr nördlichster Punkt ist die Insel Skye. Im *Kew*-Herbar ist das Vorkommen der Pflanze mit 5 englischen, 8 französischen, einem norwegischen und 2 schleswigschen Standorten belegt (*Stapf*).

Eine grössere Anzahl Standorte in den Pyrenäen und Zentralfrankreich zitieren *Grenier* und *Godron* in der Flore de France I, 467. Die spanischen Vorkommnisse sind von *Willkomm* und *Lange* (Prodrom. flor. hisp. III, 302) auf die Autorität von *Amo* und *Texidor* angegeben.

Nach den Zitaten in den skandinavischen Floren (*Hartmann*, Handbok, und *Blytt*, Haandbog i Norges flora) ist die Pflanze nur in Norwegen und an der Westküste vorhanden, auf die kurze Strecke „Fra Farsand og Lister til Sondmore" beschränkt.

Über die uns zunächst liegenden jütisch-schleswigschen Vorkommnisse schrieb mir im Jahre 1899 Prof. *Knuth*: „Vicia Orobus kommt nur in Schleswig und zwar auch wieder nur an einer Stelle im nördlichsten Teil des Gebietes bei Tondern vor. Ich habe die Pflanze an diesem Standort vor 15 Jahren gesammelt. Neuerdings ist Vicia Orobus auch im Gebiet von Hadersleben an der Ripener Landstrasse bei Kolsnap gefunden, also gleichfalls dicht an der jütischen Grenze. In Jütland findet sich die Pflanze bei Alminde". Vgl. auch *Knuth*, Flora von Schleswig-Holstein I, 253, und *Prahls* Kritische Flora der Provinz Schleswig-Holstein II, 45. — Eine nähere Schilderung der

Digitized by Google

Standortsbeschaffenheit gibt *Prahls* „Eine botanische Exkursion durch das nordwestliche Schleswig nach der Insel Röm im Sommer 1874“ (Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein II. Bd. Kiel 1877. S. 21—22). Dort heisst es: „Bei Kolsnap wächst die Pflanze zahlreich auf einigen kleinen von Ackerland umgebenen Heideflecken (zwei derselben sind wenig über 1 qm gross) unmittelbar an der Ripener Landstrasse. Diese Heidereste sind bei der Urbarmachung der anliegenden Flächen benutzt worden, um die aus dem Kulturland zusammengesuchten Steine abzulegen, ein Umstand, dem es allein zu danken sein dürfte, dass die Pflanze, die anscheinend früher hier sehr ausgebreitet gewesen ist, nicht völlig ausgerottet wurde.“ — Bekanntlich wächst die Pflanze überhaupt in den sogen. Kratts, d. h. „niedrigen Eichengestrüppen mit einer hochinteressanten Flora“).

Die englischen und deutschen Pflanzen wachsen ausser auf dem offenbar ursprünglichen Standort „Gebüsch“ reichlich und vielleicht reichlicher auf Wiesen. Schon *Ray* sagt: „Ad sepes et in pascuis“ (Hist. pl.), “in the hedges and pastures” (Cat.). *Koch*, vor 70 Jahren: „Auf Wiesen und an Hecken“, was auf Orb und Partenstein auch noch heute passt. Für die französischen Standorte geben *Grenier* und *Godron* allgemein: „Bois“ an; während *Chomel* (p. 90) von seiner Pflanze sagt: „Cette plante est commune dans les prez les plus élevez du Mont d'or et du Cantal“.

5. Wandlung des Namens.

Der ursprüngliche Name, den der Entdecker gab, Orobus sylvaticus nostras, wurde von *Linné* aufgenommen. In den Amoenit. acad. Tom. IV (1755). p. 284. N. 6 wird Orobus sylvaticus L. mit kurzer Diagnose (augenscheinlich aus *Ray*) aufgeführt, die in den Spec. pl. 1029 wiederkehrt.

Der heute gewöhnliche Name Vicia Orobus wurde im T. V der Flore française p. 577 zuerst von *Decandolle* gebraucht. — In dem „Prodromus“ hat *Séringe* (1825) unsere Pflanze unter Cassubica β Orobus aufgeführt (II, 356). Aber der *Decandolle*sche Name blieb in der Floristik der gebräuchliche (*Koch*, *Grénier* et *Godron*, *Knuth*, *Prahl* usw.). Bekanntlich hat *Kittel* (Taschenbuch 1837 und später) neben Vicia silvatica, cassubica und pisiformis unsere Vicia Orobus zu Ervum gezogen, welchem Vorgang unter den neueren Floristen *Garcke* folgte.

Digitized by Google

Literaturverzeichnis [1]).

Rajus, Joh., Catalogus plantarum Angliae et insularum adjacentium. Londini 1670. kl. 8°. — Entdeckung und erste Beschreibung der Pflanze als Orobus sylvaticus nostras.

Rajus, Joh., Historia plantarum . . . Londini 1686—1704. Vol. II. 1693 Fol. p. 1892. — Wiederholung, gewöhnliches Zitat in der Literatur.

Chomel, P. J. B., Orobus sylvaticus nostras Raii Sin. 191—1706. 17 Mars. — In: Histoire de l'académie royale des sciences. Année 1706. Paris 1707. p. 87—90. — Avec la pl. 8. — Erste ausführliche Beschreibung und Abbildung unserer Pflanze (vom Mont d'or).

Linnaei Amoenitates academicae. Vol. IV. Holmiae 1759. Centuria I plantarum praeside Linnaeo proposita a Abrah. D. Juslenio. Upsal. 1755. Febr. 19. (p. 284). N. 66. — Orobus sylvaticus L.

Oeder, G. Ch., Icones plant. sponte nascentium in regnis Daniae et Norvegiae. — Zit. „Flor. dan." Havniae. Vol. I. (1761). — Erstes farbiges Bild unserer Pflanze (Stavanger); sub nomine falso: cassubica.

Lightfoot, John, Flora scotica. London 1777. 2 Vol. Vol. I. p. 390. — Stich der Pflanze. Tab. XVI. — 2 schottische Standorte.

English botany or coloured figures british plants by James Edw. Smith, the figures by James Sowerby, 1790—1814. 9 Vol. Vol. VIII. (1799).

Hartmann, C. J., Handbok i Skandinaviens Flora. Stockholm. 1. Aufl. 1820. Norwegische Standorte unter Orobus sylvaticus.

Behlen, Stephan, Der Spessart. Versuch einer Topographie dieser Waldgegend mit bes. Rücksicht auf Gebirgs-, Forst-, Erd- und Volkskunde. Leipzig, Brockhaus. 3 Bde. 1823—1827. — Erste Flora des Spessart! Erste Nachricht über Dr. Brauns Entdeckung!

Koch, Synopsis der deutschen und Schweizer Flora. I. Aufl. Frankfurt 1838. 2. Aufl. Leipzig 1846. — Erste Aufzeichnung der Vicia Orobus in der deutschen Flora.

1) Welch unschätzbare Wohltat das „Auskunftsbureau der deutschen Bibliotheken" in Berlin W 64, Behrenstr. 70, schon jetzt geworden ist, habe ich bei dem Nachweis einzelner Seltenheiten, die ich nicht selbst besass, dankbar anzuerkennen.

Digitized by Google

Röhlings Deutschlands Flora. Fortges. von W. D. J. Koch. 5. Bd. 1. Abt. Frankfurt 1839. — Ausführlichste deutsche Beschreibung.

Kittel, M. B., Taschenbuch der Flora Deutschlands. Nürnberg. 1. Aufl. 1837. 2. Aufl. 1844. 3. Aufl. 1853. — Ervum Orobus Kittel.

Grenier et Godron, Flore de France. 3 Vol. 1848—56. Vol. I. — Französische Standorte und gute Beschreibung der Pflanze.

Cassebeer und Theobald, Flora der Wetterau. I. Abt. Hanau 1849. 8°. — Villbacher Standort der Vicia Orobus.

Willkomm et Lange, Prodromus florae hispanicae. 3 Vol. 1861—1880. Vol. III. p. 302. — Spanische Standorte aus anderen Quellen.

Kittel, M. B., Verzeichnis der offenblütigen Pflanzen der Umgegend von Aschaffenburg und des Spessarts. Programm der Studienanstalten 1871—72. I. Monocotyledonen. II. Dicotyledonen. 172 S. 4°. — Die Angaben daselbst über „Literatur und Botaniker" sind, obwohl unentbehrlich, leider in Einzelheiten so wenig zuverlässig, als der floristische Teil.

Prahl, P., Eine botanische Exkursion durch das nordwestliche Schleswig nach der Insel Röm im Sommer 1874. — Schriften des naturw. Vereins für Schleswig-Holstein. Bd. II. Kiel 1877. S. 21—22.

Herrlein, Adalb. v., Die Sagen des Spessarts. 2. Aufl. Aschaffenburg 1885. S. 123. „Die Hölle." (In Orber Mundart.) Unmittelbar unter der „Häll" ist der Standort unserer Pflanze.

Lange, Haandboog i den danske Flora. 4. Aufl. Kopenhagen. 1886—88. p. 841 bis 842. Standorte in Jütland, Schleswig und Sjaelland.

Knuth, P., Flora der Provinz Schleswig-Holstein. Leipzig 1887. — Standorte S. 253.

Watson, H. C., Topographical botany, being local and personal records toward shewing the distribution of british plants traced through the 112 counties and vice-counties of England, Wales and Scotland. Second Edit. London, Quaritch 1888. — Unter Nr. 295 (Vicia Orobus) p. 119—120 sind 27 englische Standorte notiert.

Prahl P., Kritische Flora der Provinz Schleswig-Holstein usw. II. Teil. Kiel 1890. S. 45. — Standorte!

Prantl, K., Beiträge zur Flora von Aschaffenburg. S. l. et a. Unter Nr. 664 — Rekognoszierung des bekannten Standorts durch den Autor.

Kraus, Gregor, 1. Sitzungsberichte d. physik.-med. Gesellsch. zu Würzburg, 8. Juni 1899: Entdeckung des neuen Standorts.

2. Ebenda, 23. November 1905: Heterotrichie der Pflanze.

3. Flora exsiccata bavarica. Nr. 164. Ausgabe der am 24. Juni 1899 von Prof. Dr. *W. Wislicenus* und mir gesammelten Specimina.

Digitized by Google

Zu den Tafeln.

Dieselben sind in Spitzertypie (München) nach photographischen Aufnahmen ausgeführt.

Das Bild auf Tafel II nach einer lebenden Pflanze vom Juni 1899. Wie man leicht sieht, erscheinen die Foliola schmäler und etwas zugespitzter als sie tatsächlich waren, weil sie sich, und zwar nach oben hin etwas stärker, gefaltet hatten. Die Behaarung zeigt sich sehr deutlich.

In der linken oberen Ecke habe ich ein Stückchen von *Chomels* erster Abbildung (1706) wiedergegeben.

Die Tafel III zeigt zwei völlig kahle Augusttriebe, die aus dem behaarten Stengelstück der Junipflanze hervorgewachsen. Nach einem getrockneten Exemplar.

Digitized by Google

1706. Vicia Orobus DC. 1906.

Zu Kraus, Vicia Orobus DC und ihre Heterotrichie.

Digitized by Google

Heterotriche Zweige.

Digitized by Google

Digitized by Google

Gedächtnisrede auf Adam Josef Kunkel.

Von

K. B. Lehmann.

Wem es vergönnt ist, über einen Mann zu sprechen, der noch frisch in der Erinnerung der Hörer lebt, dem ist die schwerste Aufgabe erspart, welche eine Gedächtnisrede stellt. Die stolze muskelkräftige Gestalt, der imposante Kopf mit dem in der Jugend schwarzen, aber früh gebleichten dichten Haar, die ganze frische machtvolle Persönlichkeit *Kunkels* stehen noch in Lebensfülle vor Ihnen. In Ihren Ohren klingt noch das prachtvolle Organ, dem Sie so manchmal gelauscht, wenn er uns, bald schlicht, bald kunstvoll, stets aber klar und wirkungsvoll, an eigenen Forschungen teilnehmen liess oder sich scharfsinnig und liebenswürdig an der Diskussion beteiligte.

Viele von Ihnen haben ihm in tiefer Trauer das letzte Geleite gegeben, als er ganz unerwartet in Ammerland, seiner geliebten langjährigen Sommerfrische, am 20. August 1905 von einer Perityphlitis in wenig Tagen dahingerafft wurde — lassen sie uns heute versuchen, den Mann aus seinen Werken und die Werke aus der Persönlichkeit zu verstehen.

Die äusseren Schicksale von *Adam Josef Kunkel* waren die einfachsten, die man sich denken kann — die schlichte Laufbahn des deutschen Gelehrten. Geboren am 27. November 1848 als Sohn eines Kaufmanns in dem Mainstädtchen Lohr, verlebte er dort fröhliche Kinderjahre. Die Lateinschule in Lohr, das Gymnasium in Aschaffenburg durchlief er ausserordentlich rasch und mit dem allerbesten Erfolg, er trug eine äusserst seltene Auszeichnung davon, die

Digitized by Google

goldene Preismedaille für die Behauptung des besten Platzes in allen Gymnasialklassen.

Dabei war *Kunkel* körperlich frisch und kräftig wie die Edeltannen seiner Spessartheimat aufgewachsen, von heiterem Gemüt, starker musikalischer Begabung, ein guter Sänger und auf verschiedenen Musikinstrumenten zu Hause. Sein ganzes Leben ist ihm die Musik eine treue Freundin geblieben.

Einfach und bedürfnislos bezog der junge Student die Universität, einfach, schlicht und bescheiden ist er geblieben sein Leben lang.

Vom Jahre 1866—1872 studierte *Kunkel* vorwiegend in Würzburg Medizin und Naturwissenschaften, zwei Semester verbrachte er in München, eines in Göttingen.

Neben gründlichster Ausbildung in allen Zweigen der praktischen Heilkunde erwarb er sich in dieser Zeit, seinen ausgesprochenen Neigungen folgend, gründliche chemische, physikalische, botanische und mathematische Schulung, auch philosophische und geologische Studien wurden nebenbei betrieben. Den ganzen deutsch-französischen Krieg machte er während dieser Zeit als Einjährig-Freiwilliger mit, namentlich bei dem Eisenbahntransport der Verwundeten, später in Corbeil vor Paris mit der Behandlung von Blatternkranken beschäftigt. Er sammelte dabei das Material für seine Dissertation, die ihm im Juli 1872 die Doktorwürde brachte, kurz darauf schloss er seine medizinischen Studien mit einem glänzenden Zeugnis ab.

Kunkels Dissertation ist nach der Sitte der Zeit ein mageres Heftchen. Es bringt von Material nur eine kleine Tabelle über das Auftreten der Blattern bei der Würzbürger Garnison, nach Monaten geordnet, vom Jahre 1850—1872 und eine zweite über die Fälle in Corbeil. Doch sind an diese bescheidenen Daten eine Reihe von Betrachtungen geknüpft, welche *Kunkel* als kritischen Denker charakterisieren. Er versuchte namentlich zu beweisen, dass es keinen besonderen unverständlichen Genius epidemicus für die Blattern gäbe. Epidemien kommen bei der Zivilbevölkerung und insbesondere beim Militär zustande, wenn disponierte, d. h. nicht genügend vakzinierte oder revakzinierte Menschen eng zusammengedrängt leben und ein Fall eingeschleppt wird; die Unmöglichkeit der Durchführung einer strengen Sanitätspolizei vermehrt die Gefahr des Entstehens einer Epidemie.

Es folgten nun 10 lange Assistentenjahre im Würzburger physiologischen Institut (1872—1882). Der scharfe kritische Geist von *Fick* hatte den jungen strebsamen Mediziner schon frühe angezogen,

Digitized by Google

das Laboratorium des geistreichen Pflanzenphysiologen *Sachs* wurde jahrelang daneben besucht und an beiden Orten eifrig und erfolgreich gearbeitet. Ein Semester brachte *Kunkel* 1875 in Leipzig bei *Ludwig* zu, seine Habilitationsschrift über den Stoffwechsel in der Leber ist hier begonnen und in Würzburg vollendet. Schon 1875, mit 27 Jahren, wurde die Habilitation erreicht, aber trotz mannigfacher tüchtiger Arbeiten in dieser Zeit, trotz Lehrerfolg und Sympathie der Fakultät wollte sich nach sieben Jahre lang dauernder Privatdozentur keine Aussicht auf eine feste auskömmliche Stellung bieten — und eine solche brauchte der junge Gelehrte jetzt, denn er wollte den Bund fürs Leben schliessen.

Da entschloss sich *Kunkel* der geliebten akademischen Karriere den Rücken zu kehren, er machte das Physikatsexamen und ging als bezirksärztlicher Stellvertreter in die Praxis nach Hofheim, wo er sich sehr bald das allgemeine Vertrauen erwarb. Was ihm damals Schmerz und Kummer bereitete, war zu seinem Besten, er erwarb sich in seiner allerdings nur $^3/_4$ Jahre dauernden ärztlichen Tätigkeit einen wertvollen Schatz praktischer ärztlicher Erfahrung und oft pflegte er mit Dank und Freude auf dieses Erprobungsjahr zurückzublicken, das er als junger Ehemann in glücklichster Weise verlebte. Seine gemütstiefe und lebensfrohe Frau und die drei tüchtigen Kinder, die der Ehe entsprossen, waren sein Leben lang sein grösster Schatz und der stete Gegenstand seiner treuesten Liebe und Fürsorge.

Die Praxis dauerte nur kurz, weil sich der Würzburger Fakultät schon 1882 durch den Weggang von Prof. *Rossbach* Gelegenheit bot, *Kunkel* als Pharmakologen zurückzurufen. Ich entsinne mich noch lebhaft eines Gesprächs, das *Fick* mit meinem damaligen Chef, Prof. *Hermann* in Zürich, in meiner Gegenwart über *Kunkel* führte. *Hermann* erkundigte sich nach dem Verfasser der trefflichen Arbeiten über pflanzliche Elektrizität und *Fick* erzählte voll Freude, dass es der Fakultät jetzt endlich möglich sei, die viel versprechende Kraft zu gewinnen. Einige Jahre später sah ich auf einer Reise *Kunkel* zum erstenmal in Würzburg: „Ich bin Physiologe", sagte er damals, „und denke es als Pharmakologe zu bleiben — wie viel ist noch zu tun, um die Pharmakologie auf eine physiologische Basis zu stellen." Nun, er hat sein Teil dazu redlich beigetragen. — Im Jahre 1888 wurde *Kunkel* ordentlicher Professor, im Jahre 1900 erlebte er die Freude, sein primitives Institut mit den grösseren Räumen der ehemaligen Augenklinik vertauschen zu können, während seine bisherigen

Digitized by Google

Zimmer zur Vergrösserung des hygienischen Instituts Verwendung fanden.

17 Jahre lang habe ich Wand an Wand mit *Kunkel* gearbeitet und namentlich im ersten Jahre, als ich als junger Anfänger ohne alle Hilfsmittel Hygiene lesen und lehren sollte, mich seiner stets bereiten Hilfe erfreut — ich darf es also auch wohl wagen, den Menschen *Kunkel* kurz zu charakterisieren.

Wie *Kunkel* körperlich ein starker und gewandter Mann war, so lebte in ihm auch ein kräftiger, männlicher stolzer Geist. Was er für richtig erkannt hatte, tat er unbekümmert und unentwegt im Laboratorium wie im Leben. Selbst von vornehmer Denkungsart, verlangte er strenge vornehme Gesinnung auch von anderen. Wo er sie vermisste, wo er Streberei, Eigennutz, Unkollegialität etc. zu sehen glaubte, konnte er empfindlich und hart sein, wo er aber wissenschaftliches Streben fördern, raten, helfen konnte, war ihm keine Mühe, keine Zeit zu kostbar, wer immer der Hilfesuchende sein mochte. Für Freundschaft und einfache heitere Geselligkeit war *Kunkel* stets empfänglich — über alles ging ihm die Familie.

Von klarem, durchdringendem Verstande, peinlicher Gewissenhaftigkeit, gewandt in der Kunst des mündlichen und schriftlichen Ausdrucks wie wenige, auf den verschiedensten Gebieten gründlich gebildet und belesen, auch in philologischen, historischen und religiösen Fragen trefflich geschult, von eisernem Fleisse beseelt und in allen Handfertigkeitskünsten erfahren, war er ein trefflicher Lehrer und Forscher. Nur wenige Freunde wussten, dass er in seinen Mussestunden auch in politischen Zeitschriften zuweilen anonym das Wort ergriff, um ideale Güter zu fördern. Er war z. B. der erste, der in einer Zeitung den Plan besprach, durch Verbindung des Walchensees mit dem Kochelsee grosse Wasserkräfte für Bayern zu gewinnen.

Sein Kolleg wandte sich in seinen Hauptteilen auch an die schwächsten seiner Schüler, denen er durch elementare, sorgfältig durchdachte Darstellung der Hauptpunkte Rechnung trug, aber auch die Vorgerückteren wurden vollauf befriedigt, denn auch die schwierigen und komplizierten Fragen wurden — oft an der Hand sinnreicher und sorgsam vorbereiteter Demonstrationen — eingehend besprochen.

Neben Pharmakologie und Toxikologie hat *Kunkel* auch zeitweise Arzneiverordnungslehre, Diätetik und physiologische Chemie gelesen, auch einmal die Hygiene vertreten.

Digitized by Google

Dass *Kunkel* bei diesen Eigenschaften die Jugend anziehen und zur Mitarbeit auf pharmakologisch-toxikologischem Gebiet aneifern musste, ist selbstverständlich. Es sind denn auch jahrzehntelang jedes Jahr aus seinem Institut stattliche Reihen von kleineren und grösseren Dissertationen über die verschiedensten Gebiete der Chemie, Physiologie, Pathologie, Pharmakologie und Toxikologie hervorgegangen. Manche der ca. 160 Arbeiten natürlich ist klein und dürftig geblieben, denn *Kunkel* pflegte zu sagen, es muss auch für die Schwächeren gesorgt und auch ihnen Gelegenheit gegeben werden, ohne allzu grosse Opfer durch eine kleine Arbeit den Doktortitel zu erringen. Es werden aber wenig Arbeiten darunter sein, bei der nicht entweder eine originelle Fragestellung oder eine einfache anschauliche, auch dem Anfänger zugängliche Modifikation einer Methode oder ein hübsches neues Resultat den Leser fesselt.

Viel fleissige Arbeit hat *Kunkel* persönlich in diesen Schülerarbeiten geliefert und manchmal in mutlosen Stunden — wer hat solche nicht zuweilen — seinen Freunden geklagt, wie schwer es sei, sich vor Irrtümern und Fehlern bei diesen Arbeiten zu schützen, die doch immer ein Stück weit, unter der Verantwortung des Laboratoriumsvorstandes, in die Welt gehen. Öfter hat er dann mehrere solcher Arbeiten durch eigene Versuche ergänzt und zusammengefasst, aber viele der Schülerbeiträge sind auch einstweilen als kleine Bausteine liegen geblieben, da *Kunkel* die Zeit fehlte, alle die von ihm angeregten Einzelfragen soweit zu fördern, dass die Resultate für Journale genügend geklärt erschienen. Bei seinem grossen Lehrbuch freilich kamen ihm die Erfahrungen, die er in den zahllosen Dissertationen gesammelt, trefflich zu statten.

Im Laboratorium verstand es *Kunkel*, mit den allerbescheidensten Hilfsmitteln streng wissenschaftlich zu arbeiten und Schüler arbeiten zu lassen. Der winzige Etat seines Instituts, den er lange aus Rücksicht auf die Staatsmittel erhöhen zu lassen verschmähte, gebot alleräusserste Sparsamkeit, wenn dann und wann ein neuer Präzisionsapparat angeschafft werden sollte. Kleinere Hilfsapparate aus Glas, Holz, Metall fertigte *Kunkel* mit seltener Geschicklichkeit selbst an, und wenn man ihn gelegentlich darauf hinwies, dass es doch schade um die Zeit eines Gelehrten sei, dergleichen selbst zu machen, pflegte er zu entgegnen, er kenne keine schönere Erholung von der angestrengten geistigen Arbeit, als wie die Selbstherstellung eines schwierigen, kleinen zweckmässigen Apparats mit einfachen Mitteln, auch lasse sich nur dadurch, dass man die Apparate selbst herstelle, ihre

Digitized by Google

vorzüglichste Form finden. Er hatte gewiss nicht unrecht, aber nicht jedem ist es gegeben, ihn nachzuahmen.

Neben den Doktorarbeiten sind in seinem Institut auch eine ziemliche Reihe grösserer Arbeiten gemacht worden. So nenne ich die Habilitationsschriften von *Richard Geigel*, *Koll* und *Karl Mayr*.

Auch in gerichtlichen Fällen wurde mehrfach sein erfahrenes Urteil gesucht.

Nur mit einem Worte sei auch hier der hohen Wertschätzung gedacht, der sich *Kunkel* bei seinen Kollegen erfreute, seine gewissenhaften, durchdachten und stylistisch oft hervorragenden schriftlichen Referate, sein offenes, aber massvolles Auftreten in Fakultät und Senat sicherten ihm eine hervorragende Stellung und grossen Einfluss. In aller Erinnerung steht die glänzende Amtsführung als Rektor 1902/03. Auch unter seinen Fachgenossen nahm *Kunkel* die hervorragende Stellung ein — wie er sie verdiente, sein Urteil bei Berufungen war hochgeschätzt.

Wenden wir uns nun zu *Kunkels* Arbeiten: An denselben fällt stets eine grosse Bescheidenheit, knappe Darstellung, klarer Ausdruck, Verzicht auf breite Ausführung von Literatur, Unterdrückung weitgehender Theorien, vorsichtige Formulierung heuristischer Hypothesen, offenes Hervorheben der Mängel der gewählten Methodik, der Unsicherheit mancher Schlüsse auf. Polemik liebte er nicht, Ansichten, die er bekämpfen musste, kritisierte er stets in der versöhnlichsten Weise.

Der Inhalt der Arbeiten verrät eine ausserordentliche Vielseitigkeit, namentlich chemische, physikalische, physiologische und toxikologische Arbeiten wechseln in bunter Folge, an vielen Untersuchungen der späteren Jahre haben, wie wir hörten, Schüler mitgearbeitet resp. ihnen vorgearbeitet, aber auch auf anatomischem, botanischem und pharmazeutischem Gebiete hat sich *Kunkel* mit Erfolg betätigt.

Es wird im Rahmen des heutigen Vortrags nicht möglich sein, aller Arbeiten zu gedenken.

Auf dem Gebiet der Anatomie finden wir die erste hübsche Jugendarbeit[1]) aus dem Sommersemester 1869, angeregt von Prof. *Hasse*. Sie verfolgt in sorgfältiger Weise die Frage, wie und warum sich die relative Lage der Tubenmündungen zum harten Gaumen von der Fötalzeit bis zum erwachsenen Alter verschiebt. Die Abhandlung ist mit schönen, von *Kunkel* selbst gezeichneten Abbildungen illustriert

[1]) *Hasse*, Anatomische Studien Heft 1, 1869.

Digitized by Google

und verrät schon einen klaren Beobachter. Der Grund für das Emporsteigen der Tubenöffnung über den harten Gaumen (um etwa 10 mm) wird im wesentlichen darin gefunden, dass sich der harte Gaumen bei Vergrösserung der hinteren Nasenöffnung senkt, die Tubenöffnung aber ihren Platz behält.

Grösser ist die Ausbeute auf physikalischem Gebiete: *Kunkels* Assistentenjahre fielen in die Zeit, in der die tierische Elektrizität das allgemeine Interesse in hohem Grade in Anspruch nahm. Besonders war es die von *Dubois-Reymond* ausgearbeitete Theorie dieser Erscheinungen, die zahlreiche Forscher zur Bestätigung oder zum Widerspruch veranlasste. *Kunkels* Untersuchungen beschäftigen sich zunächst in ganz origineller Weise mit elektrischen Erscheinungen an Pflanzen, auf welchem Gebiet bis dahin nur wenig, zum grossen Teil von der Dubois'schen Lehre Beeinflusstes, geschaffen war. Die Untersuchungen, welche mit Unterbrechungen drei Jahre lang vorwiegend im Botanischen Institut der Universität Würzburg bei *Sachs* durchgeführt wurden[1]), führten zu einer ganz originellen Auffassung der gesammelten Erscheinung. Sie zwangen zunächst den jungen Gelehrten eine Reihe scheinbar weitliegender reinphysikalischer Versuche über die elektrischen Ströme anzustellen, die bei der Imbibition poröser Körper durch Wasser zustande kommen. *Kunkel* fand, dass eine Tonzelle, die man vollständig mit Wasser füllte, nach etwa 6 Sekunden Latenzzeit einen Initialstrom zeigt, der vom Wasser zur Wandung gerichtet ist. Nach der Dauer von einigen Sekunden nimmt der Strom ab, erreicht langsam in $1^1/_2$ Minuten die Grösse O und zeigt nach weiteren $1^1/_2$ Minuten ein neues aber umgekehrtes Maximum. Der zweite sogenannte Permanentstrom dauert mehrere Stunden unverändert fort und zeigt eine elektromotorische Kraft von $^1/_{100}$—$^3/_{100}$ Daniell. Durch scharfsinnige Kombination der Versuche gelang es *Kunkel* zu zeigen, dass der erste Teil der Erscheinung offenbar mit dem kapillaren Eindringen des Wassers in die poröse Wand zusammenhängt. Die Erscheinung dauert nämlich so lange, bis eine erste unvollkommene Imbibition stattgefunden hat. Den gegengesetzt gerichteten Strom bezieht *Kunkel* auf die Energie, welche durch das Eindringen von Wasser zwischen einzelne Mizellen (Tagmen) des festen Körpers entsteht oder anders ausgedrückt auf die Quellung der porösen Wand. In organisierten Gebilden, Holz,

[1]) Vorläufige teilweise Publikation 1878 in den Arbeiten des botanischen Institus. Endgültige Publikation in *Pflügers* Archiv XXV, 1881.

Digitized by Google

Laminaria ist die Struktur nach den verschiedenen Dimensionen eine verschiedene. Eine Quellung findet namentlich in radialer Richtung wenig nur in der Längsrichtung statt, während eine Wasserbewegung am besten in der Längsrichtung vor sich geht. Frisch unter Wasser gebrachte und mit Wasser imbibierte Stückchen Holz von Pinus orientalis zeigen stets den Querschnitt positiv gegen den Längsschnitt, d. h. einen Quellungsstrom.

Bei der Untersuchung von unverletzten Pflanzen fand nun *Kunkel*, dass an Blättern sich die Blattnerven positiv gegen die grüne Blattfläche verhalten. Benetzt man dagegen einen Punkt der Blattfläche, so wird er positiv sowohl gegen jeden anderen Punkt der Blattfläche als wie auch gegen Punkte des Nervs. Verletzt oder biegt man rasch einen Pflanzenstengel, von dessen Oberfläche durch zwei Elektroden mittelst feuchter Baumwollfäden abgeleitet wird, so wird die Elektrode, welche der Biegung oder Verletzung benachbart ist, stärker negativ. Bei langsamem Biegen bleibt die elektromotorische Veränderung aus. Auch an den Blättern der auf Reiz beweglichen Mimosa konnte *Kunkel* auf den Reiz und die Bewegung hin Ströme erzeugen, die in drei Phasen auftraten. Alle diese Ströme führte *Kunkel* auf Wasserbewegung zurück, ohne die Erklärung aller Details zu versuchen. —

Nur erwähnt mag eine kleine Arbeit sein über die Wärmetönung bei Fermentationen. (*Pflügers* Archiv Bd. 20.)

Unter der Anregung von *Fick* entstanden früher einige optische Arbeiten und zwar die erste über die Abhängigkeit der Farbenempfindung von der Zeit, die zweite über die Abhängigkeit der Netzhauterregung von Reiz und Zeitdauer[1]). In der ersten Arbeit ermittelte *Kunkel*, dass rotes Licht am raschesten, blaues langsam, am langsamsten grünes Licht bei gleicher subjektiver Helligkeit ein Maximum der Erregung hervorbringt. Weiter, dass bei grösserer Helligkeit eine geringere Zeit notwendig ist, um eine maximale Erregung hervorzubringen; dann, dass sich bei zunehmender Helligkeit alle Farben dem Weiss nähern, und dass sich bei sehr kurz dauernder Betrachtung eines Spektrums von geringer Lichtstärke nur die Empfindungen rot und blau bemerkbar machen, währenddem das Grüne gar nicht zur Empfindung kommt. Bei etwas stärkerer Lichtintensität erweckt das Grün zunächst die Empfindung blau und erst zuletzt wirkt es als grün.

[1]) *Pflügers* Archv Bd. IX und XV.

Digitized by Google

Die zweite Arbeit weist sehr schön nach, dass die Erregung der Netzhaut eine Funktion dee Produktes aus Reizstärke und Reizdauer darstellt, was man auch so formulieren kann, „die Erregung ist eine Funktion der Reizmenge". Für das ausgeruhte Auge und schwache Reize ist die Erregung der Reizmenge direkt proportional.

Wir lernen in diesen Arbeiten *Kunkel* als tüchtigen Physiker, sorgsamen Experimentator und sehr vorsichtig schliessenden Forscher kennen, dem physiologische und psychologische Betrachtung gleich gut liegt.

Die Habilitationsschrift[1]) über den Stoffwechsel in der Leber habe ich oben erwähnt, in dieser Untersuchung versuchte *Kunkel* am Gallenfistelhund an der während einer Reihe von Tagen gesammelten vollständigen Gallenmenge die Frage zu lösen, inwieweit der Schwefel der Eiweissnahrung mit der Galle ausgeschieden werden.

Die technisch schwierigen Untersuchungen führten zu dem Resultate, dass, im Gegensatz zu unvollständigen, älteren Beobachtungen von *Bidder* und *Schmitt* etwa $^1/_4$—$^1/_7$ des eingeführten Schwefels durch die Galle ausgeschieden wird; wobei der Schwefel der gallenfreien Fäces nicht gerechnet, sondern einfach von der Einnahme abgezogen wurde.

Interessant ist, dass bei der Steigerung der Nahrung die Steigerung der Schwefelausscheidung in der Galle viel weniger zunimmt, als die Steigerung der Schwefelausscheidung im Harn. Damit stimmt, dass, wenn man Tiere hungern lässt, die in der Galle ausgeschiedene Schwefelmenge nur langsam sinkt. Die Schwefelausscheidung durch den Harn folgt wie die Harnstoffausscheidung in ihrer Menge ganz der Nahrungsaufnahme.

Gelangt der in der Galle ausgeschiedene Schwefel als Taurin in den Darm, so wird er dort resorbiert und mit dem Harn als Sulfonsäure ausgeschieden.

Mühsamen Versuchen an den Gallenfisteltieren gleichzeitig genauere Resultate über Eisenausscheidung und Gallenfarbstoffausscheidung durch die Galle zu erhalten, standen mancherlei Schwierigkeiten im Weg, die *Kunkel* nicht alle zu überwinden imstande war. Es wird aber jedem kritischen Leser imponieren, wie selbständig der junge Physiologe mit dem Vierordtschen, damals eben aufgekommenen Spektrophotometer umging, um dasselbe für seine speziellen Zwecke brauchbar zu machen.

[1]) Würzburg 1875 und Ber. d. sächs. Ges. d. Wissensch. Math.-phys. Klasse 14. Nov. 1873.

Digitized by Google

Auch später hat sich *Kunkel* gerne mit der Leber beschäftigt. Wir werden bei seinen Studien über Eisen denselben nochmals begegnen. Durch seinen Schüler *Siebel* liess er[1]) die Ausscheidung fester Partikelchen, die in eine Körpervene gespritzt wurden, untersuchen. Dieser fand dabei, dass in den Pfortaderkapillaren sich sowohl von Leukozyten gefressene Partikelchen finden, als wie freie an den Endothelien der Kapillaren angeklebte. Die Ausfuhr der Pigmentkörnchen aus der Leber findet einmal auf dem Weg der Lymphgefässe in die Lymphdrüsen am Leberhilus statt, ein anderer Teil aber wird durch den Darm ausgeschieden.

Bei Versuchen, die alkaloidbildende Wirkung der Leber festzustellen, kam *Kunkel* zu negativen Resultaten. Die Leber bindet nicht mehr Alkaloid als ihrem Blutgehalt entspricht.

Viele Gifte bedingen einen Glykogenschwund[2]) in der Leber. In einer kritischen Untersuchung, die sich auf viele Dissertationen stützt, hat *Kunkel* versucht, klar zu legen, ob diesem Glykogenschwund einheitliche oder verschiedenartige Ursachen zugrunde liegen. Es sind mindestens drei verschiedene Ursachen vorhanden.

1. Krampfgifte bedingen durch starken Stoffverbrauch Glykogenschwund.

2. Ebenso wirken alle Eingriffe, bei denen eine starke Abkühlung die Temperatur der Tiere ändert: Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff, Morphium.

3. Ist bei allen schweren, durch Gifte erzeugten Darmaffektionen (Quecksilber, Arsen, Antimon) ein Glykogenschwund zu konstatieren. Dagegen bezweifelte er, dass die allgemeine Annahme richtig sei, dass vermehrte Zirkulation des Blutes in der Leber eine Ursache des Glykogenschwundes sein könne. Gerade in der Zeit der Verdauung, wo die Leber glykogenreich wird, findet ja die stärkste Durchblutung derselben statt.

Wir kommen nun zu einer der berühmtesten Arbeiten von *Kunkel*, nämlich „über die Temperatur der menschlichen Haut[3])“. Die scheinbar einfache Frage, die Temperatur der menschlichen Hautoberfläche zu bestimmen, hat sich nach allen Untersuchungen als sehr schwierig erwiesen, und erst *Kunkel* ist es gelungen, die Schwierigkeiten im wesentlichen zu beseitigen, so zu beseitigen, dass *Rubner*, als er 10 Jahre später im hygienischen Interesse die Frage wieder

[1]) Sitzungsber. der Würzburger phys.-med. Gesell. 1886.

[2]) l. c. 1893.

[3]) Zeit. für Biologie Bd. XXV.

Digitized by Google

aufnahm, sich fast genau der *Kunkel*schen Methode bediente. Die Hauptschwierigkeit der Versuche liegt darin, wärmemessende Apparate an die Haut anzulegen, welche die Temperatur der Hautoberfläche annehmen, ohne die Temperatur der betreffenden Hautstelle nennenswert zu verändern. Mit Quecksilberthermometern geht es gar nicht. Die Masse des Quecksilbers entzieht viel zu viel Wärme. Mit Thermoelementen kommt man nur zum Ziele, wenn man eine ganze Reihe von *Kunkel* auf das sorgfältigste ausprobierte Vorsichtsmassregeln beobachtet. Vor allen Dingen muss die auf die Haut aufgelegte Lötstelle eines Neusilber- und Eisendrahtes sehr dünn ausgehämmert sein und Sorge getragen werden, dass diese Stelle aufliegt, ohne einzudrücken, und dass ihre Temperatur am Versuchsbeginn schon nahe der Temperatur der Hautstelle ist, die untersucht werden soll.

Die Hauptresultate dieser grundlegenden und mühsamen Arbeit waren vorwiegend an dem Experimentator selbst gewonnen. Sie ergaben, dass der grösste Teil der Körperoberfläche namentlich der ganze bekleidete Rumpf, Oberschenkel, Oberarm, aber auch Hohlhand und Gesicht eine Temperatur von 34,2—34,6 zeigen. 33,6° haben Unterarm und Wade, wesentlich kühler sind nur das Handgelenk 33,1, der Handrücken 32,5—33,2°, das Ohrläppchen 28,8°. Es war leicht verständlich, dass diese, nur wenig Muskulatur zeigenden Stellen eine niedere Temperatur haben. Auch die Gesässgegend besitzt mit 32° regelmässig eine niedere Temperatur, die durch die begünstigte Wärmeleitung in den gedrückten luftarmen Kleidern erklärt wird. Auch die Füsse haben besonders niedere Temperatur. Wir empfinden die Füsse erst kühl, wenn sie weniger als 30° warm sind.

Sehr interessant ist bei diesen Ergebnissen, dass der grösste Teil des Körpers bei Zimmertemperatur auf die gleiche Hauttemperatur eingestellt ist, mag er bedeckt oder unbedeckt getragen werden. Bei niederer Aussentemperatur sinkt die Hauttemperatur überall. Sie beträgt bei der Lufttemperatur von 0° nach einiger Zeit im Gesicht zwischen 33,8 und 33,2, am bekleideten Rumpf und Oberschenkel 33,1°. Bei —5° und scharfem Nordostwind sinkt nun allerdings die Gesichtstemperatur bedeutend unter die Rumpftemperatur, indem sie Temperaturen von 26,7—28,7 erreichen kann, währenddem Bauch und Brust um 31,6—32,1° warm sind. Im Zimmer gleichen sich die Temperaturen ziemlich rasch aus, nach etwa 40 Minuten sind wieder normale Verhältnisse vorhanden.

Kunkel konnte aus seinen Versuchen schliessen, dass ein Heruntergehen der Hauttemperatur unter 32° sehr ausgeprägt das Gefühl

Digitized by Google

des Unbehagens erzeugt, obwohl man gelegentlich auch ein Abkühlen bis auf 30° wohl auszuhalten imstande ist. Im Gesicht sind Temperaturen von 26 und 27° schon sehr unangenehm. Eine Steigerung der Hauttemperatur auf 34,8—35° bringt schon starke Belästigung hervor, höhere Temperaturen wie 35,5 wurden nicht erreicht. Es ist auch unwahrscheinlich, dass höhere Temperaturen beim Gesunden erreichbar sind, indem ja bei dieser Temperatur die Schweisssekretion beginnt, welche durch Wasserverdunstung die Hauttemperatur rasch sinken lässt. Leicht liess es sich nachweisen, dass durch Arbeit die Hauttemperatur des Armes wesentlich gesteigert wird.

Kunkel zieht schliesslich den besonders wichtigen Schluss aus seinen Ergebnissen, dass die Regulation der Körpertemperatur beim Menschen offenbar nur in untergeordneter Weise dadurch hervorgebracht wird, dass die Hauttemperatur steigt und fällt. Der Körper ist viel zu empfindlich gegen kleine Schwankungen der Hauttemperatur, als dass er stärkere Änderungen derselben ertragen könnte. Sowie die Haut eine Kleinigkeit zu warm wird, beginnt Schweisssekretion, sowie sie etwas zu kühl wird, das Bedürfnis nach Bewegung oder wärmerer Kleidung. Es ist schade, dass *Kunkel* nicht über die nötige Zahl physikalisch geschulter Mitarbeiter verfügte, um alle die vielen Probleme, die mit seiner Methode lösbar wurden, in Angriff zu nehmen. Er hat wohl eine grössere Anzahl von Schülern mit Untersuchungen auf dem Gebiet betraut, fand aber schliesslich, dass die Methode so subtil war, dass sie fast nur in seinen Händen wirklich einwandfreie Resultate lieferte.

Über die verschiedensten Metalle hat *Kunkel* mit seinen Schülern gearbeitet. Ich kann hier auf die nur in Dissertationen niedergelegten Untersuchungen über Baryum, Kalcium, Magnesium, Zinn, Zink, Silber usw. nicht näher eingehen. Ich muss mich auf die Untersuchungen beschränken, die *Kunkel* meist durch Schüler unterstützt unter seinem eigenen Namen, herausgegeben hat. Zunächst hat *Kunkel* dem Quecksilber eingehende chemische Studien gewidmet, um die beste Methode für seinen Nachweis zu finden. Er erkannte schliesslich eine von ihm lange Zeit mit Misstrauen betrachtete Methode, nämlich die Absorption des Quecksilberdampfes in mit Goldschaum gefüllter Glasröhre, als sehr gut, doch musste er sich dahin aussprechen, dass es nicht wohl angehe, Quecksilbermengen durch Wägung solcher mit Goldschaum gefüllter Röhren zu bestimmen, man müsste das Quecksilber in ein kleineres Röhrchen übertreiben und dort wägen. Dagegen

Digitized by Google

fand er mit *Fessel*[1]) eine neue, für die qualitative und auch quantitative Bestimmung vortreffliche Quecksilberbestimmungsmethode darin, dass er die zu untersuchende Luft trocken durch ein geknietes Glasrohr, in das er einige Körnchen festes Jod gebracht hatte, leitete. Es bildete sich dann ein Beschlag von rotem Quecksilberjodid an der Glaswand hinter dem Jod. $^1/_{100}$ mg ist noch deutlich erkennbar. Quantitativ lässt sich die Methode dadurch verwenden, dass man das niedergeschlagene Quecksilberjodid in Jodkalium löst und mit Schwefelammonium (nach Bindung des überschüssigen Jodes) das Quecksilber als Schwefelquecksilber fällt und das letztere kolorimetrisch bestimmt. Nach dieser Methode konnte *Kunkel* in einem Kubikmeter mit Quecksilberdampf gesättigter Luft bei Temperaturen zwischen 16 und 23° 6,7—14 mg nachweisen und im wesentlichen den von *Hertz* nach physikalischer Methode bestimmten Quecksilbergehalt in der Luft bestätigen. Auch wurde entschieden, dass sich Quecksilber nicht in Staub-, sondern nur in Dampfform in der Luft findet, und dass auch von der grauen Quecksilbersalbe Quecksilber verdunstet. (Sitzungsber. der Würzb. phys.-med. Gesellsch. 1892.)

Die Quecksilbervergiftung[2]) suchte *Kunkel* an der Hand zahlreicher Schülerarbeiten besser als bisher zu verstehen. Für die ausgebreiteten Darmveränderungen, besonders im Dickdarm: die ausserordentlich starke Hyperämie, Blutungen in die Schleimhaut, verbreitete Substanzverluste und Geschwüre an der Mukosa, besonders auf allen vorspringenden Schleimhautkämmen. Da diese Erscheinungen bei jeder Art der Quecksilberaufnahme entstehen, können sie keinen örtlichen Grund haben. Sie sind bedingt durch die starke und andauernde Blutdrucksenkung, welche zu einer Stase und endlich zur Thrombosierung führt. Für die Blutdrucksenkung gibt *Kunkel* einen neuen Beweis in einer starken Erniedrigung der Zahl der Blutkörperchen im Kapillarblut.

Die Blutdrucksenkung ist bedingt durch Herzschwäche und Gefässerweiterung. Veränderungen am Blut selbst sind auch anzunehmen, denn eine Blutprobe, die man einem sterbenden Tier entnimmt und einem anderen in das Blutgefässsystem spritzt, erzeugt dort sofort tödliche Gerinnung. Es ist also auch für das erste Tier nicht schwer, die Gerinnung in den erweiterten Gefässen des Darmes zu verstehen,

[1]) Verhandl. der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg Bd. XXXIII, Nr. 1.
[2]) Sitzungsberichte der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg 1889.

Digitized by Google

und die sich daran anschliessende Geschwürsbildung infolge ungenügender Ernährung.

Der Kalkinfarkt in der Niere wird untersucht und nachgewiesen, dass der Harn von Tieren mit Kalkinfarkt nicht kalkreich, sondern eher kalkarm ist; es macht also nicht den Eindruck, als ob Kalkvorräte im Körper gelöst und in der Niere ausgeschieden würden, sondern als ob der normale Kalk des Harns in der Niere ausfiele. Die ganze Arbeit zeigt den kritischen, vorsichtig abwägenden Standpunkt *Kunkels* in der Beurteilung derartig verwickelter Fragen.

Eine Reihe schöner Untersuchungen galten dann dem Eisen. *Kunkel* hatte gefunden, dass sich in den Lymphdrüsen eines Falles von *Werlhoff*scher Krankheit grosse Mengen Eisenoxyd (bis 31 % der Trockensubstanz) ablagern, wenn Blutungen in der Nähe stattgefunden haben. Weiter ergaben experimentelle Untersuchungen, dass alte Blutextravasate zwischen den Muskeln oder im Gehirn einen Rückstand liefern, der bis zu 10 % Eisenoxyd enthält. Das Eisen ist nicht in organischer Bindung, sondern direkt als Oxyd vorhanden, wie die dunkle Farbe des Residuums und die schwarze Färbung mit Schwefelammonium und die Leichtlöslichkeit in Salzsäure beweist. Aus dem Blutextravasat wird das Eisen teils in Form von unveränderten Blutkörperchen, teils in Form von Eisenhydroxydpartikelchen durch die Leukozyten in die Lymphdrüsen transportiert. Aus der Anwesenheit von Eisenoxyd folgert schliesslich *Kunkel*, dass die Oxydationsprozesse auch in der sauerstoffarmen Lymphdrüse über die Reduktionsprozesse dominieren, denn sonst müsste das Oxyd reduziert werden[1]).

Mehrere Arbeiten hat *Kunkel* angestellt, um die *Bunge*sche Lehre zu prüfen und schliesslich zu widerlegen, dass das Eisen nur in organischer Form als Eiweissverbindung aufgenommen wird. Nach *Bunge* sollte das Eisen, das therapeutisch gegeben wird, nicht direkt resorbiert werden, sondern in irgend einer Weise die Resorption des Eisens in organischer Bindung begünstigen. Zunächst prüfte *Kunkel*[2]) die Angaben von *Wild*, dass das Eisen der Nahrung im Magen grösstenteils resorbiert und im Darm wieder abgeschieden wird, dass also das Eisen einen starken intermediären Stoffwechsel hat. Die mit grossem Scharfsinn angestellte Prüfung ergab im wesentlichen ein

[1]) *Virchows* Archiv Bd. 81 und Zeitschrift für physiologische Chemie Bd. 5, 1881, p. 40.

[2]) *Pflügers* Archiv Bd. 50, p. 1.

Digitized by Google

negatives Resultat. *Kunkel* hatte dem Futter der Tiere neben leichtlöslichem Eisensalz unlösliches schwefelsaures Baryt beigefügt. Er konnte zeigen, dass das Verhältnis von Eisen und Baryumsulfat an allen Stellen des Verdauungsapparates im wesentlichen das gleiche blieb, was entschieden gegen einen starken intermediären Stoffwechsel spricht.

In weiteren Versuchen bewies *Kunkel* die Speicherung von Eisen in den Organen von Tieren, die zur Nahrung Eisensalze enthielten. Besonders die Leber speicherte Eisen. Als wesentlichster Ausscheidungsweg für das Eisen wird die Galle bezeichnet und die Eisenausscheidung durch die Darmwand für nicht sehr bedeutend erklärt.

Mit absoluter Schärfe hat aber *Kunkel*[1]) seine These von der Resorption des anorganischen Eisens dadurch bewiesen, dass er zwei Hunde mit Milch fütterte, eine eisenarme Nahrung, zu der das eine Tier 4 mg Eisen als Chlorid täglich erhielt. Die Tiere wurden in mehrtägigen Intervallen 8 mal zu Ader gelassen, das Blut wurde gesammelt und sein Eisengehalt bestimmt. Während im Anfang der Eisengehalt des Blutes bei beiden Tieren gleich war, nahm er von dem 5.—8. Aderlass, nach einem Monat, bei dem einen Tier, das nur Milch bekam, deutlich stark ab, während er bei dem Eisenhund gleichblieb. Der Hund mit Eisen hatte in der Versuchszeit in 355 g Blut 134 mg Eisen, der Hund ohne Eisen in 351 g Blut nur 112 mg abgegeben. Noch schlagender ist aber das Verhalten des Eisens in den Organen. Es enthielt beim

	Hund mit Eisen	Hund ohne Eisen
Blut	40 mg	25 mg
Gesamtleber	31 „	4 „
Milz	4 „	1 „
Niere	2½ „	1,4 „

Beide Tiere waren vor dem Tod munter, nur war bei dem eisenarmen Hund eine auffallende Blässe der Schleimhäute ganz unverkennbar, währenddem der Eisenhund auch in dieser Beziehung einen durchaus normalen Eindruck machte.

Kunkels letzte experimentelle Arbeit beschäftigte sich mit sogenanntem Normalarsenik[2]), wozu er durch Untersuchungen geführt wurde, die er in einigen gerichtlichen Fällen auszuführen hatte.

Mittelst besonders sorgsam ausgebildeter Methodik (Destillation

[1]) *Pflügers* Archiv Bd. 61, p. 595.

[2]) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 44, 511.

Digitized by Google

des Arsens als Arsenchlorid und elektrolytische Reduktion) gelang es ihm wohl, im Buntsandstein bescheidene Arsenmengen zu finden, im Muschelkalk nur Spuren, im Urgestein gar nichts. Alle seine Bemühungen, das „normale Arsen" *Gautiers* in Zähnen und Schilddrüsen zu finden, blieben unbelohnt.

Das Kohlenoxyd hat *Kunkel* mehrfach interessiert. In einer hübschen mit *Welzel* ausgeführten Arbeit[1]) hat er neue Methoden des Kohlenoxyd-Nachweises angegeben, die alle darauf beruhen, ohne Spektroskop Farbenveränderungen hervorzubringen, welche für Kohlenoxyd und Sauerstoff-Hämoglobin verschieden sind. Die verschiedensten eiweissfällenden Reagenzien lassen sich verwenden. Stets zeigt das Kohlenoxydblut eine rötere resp. braunere Nuance als das grauere Hämoglobinblut. Besonders hat sich die Methode mit Ferrocyankalium und Essigsäure, wobei die Reaktion sofort eintritt, aber rasch schwindet, und die Methode mit Tanninlösung, wo der Erfolg erst nach Stunden eintritt, dann aber 9 Monate lang konstant bleibt, eine feste Stellung in unserer hygienischen und toxikologischen Methodik erworben, da, wie *Kunkel* zeigte, die Reaktionen ebenso empfindlich sind, als wie die spektroskopischen, und ohne jedes Hilfsmittel sehr leicht von jedem Praktiker ausgeführt werden können.

In einer sehr schönen Arbeit hat dann *Kunkel*[2]) gezeigt, dass die grosse Resistenz der Kaltblüter gegen Kohlenoxyd offenbar darauf zurückzuführen ist, dass für den Kaltblüter die Sauerstoffmenge, welche im Blutserum enthalten ist, wesentlich in Frage kommt; denn das Tier lebt noch eine lange Zeit und erholt sich, in die Luft gebracht, wieder vollständig, wenn 99% des Hämoglobins mit Kohlenoxyd gesättigt sind.

Kunkel benützte die Gelegenheit, um darauf aufmerksam zu machen, dass auch der Warmblüter Gefässe, Vasa serosa, besitze, die so eng sind, dass kein rotes Blutkörperchen durchpassieren könne; dass also wahrscheinlich auch für den Warmblüter der bisher meist übersehene Sauerstoffgehalt des Serums nicht bedeutungslos sei.

In einer der wenigen Polemiken, die *Kunkel* durchgeführt hat, hat er gegen *Ferchland* und *Vahlen*[3]) noch im Jahre 1902 gezeigt, dass die alte Lehre: die Leuchtgasvergiftung ist im wesentlichen eine Kohlenoxydvergiftung, vollständig zu Recht besteht, und dass wir

[1]) Sitzungsber. der physik.-med. Gesellsch. zu Würzburg 1888.
[2]) Beiträge zur Physiologie. Festschrift für *Fick* 1899.
[3]) Sitzungsber. der physik.-med. Gesellsch. zu Würzburg 1902.

Digitized by Google

keine Veranlassung haben, nach weiteren besonderen Giften im Leuchtgas zu suchen.

Jahrelang hat sich *Kunkel* mit dem Chloroform beschäftigt; einmal mit den Zersetzungen des Chloroforms in Gasflammen[1]), wobei bekanntlich im wesentlichen Salzsäuregas gebildet wird, sodann aber mit der praktischen Frage der besten Leitung der Chloroformnarkose. Mit unendlicher Geduld hat er immer wieder neue Modifikationen an Apparaten angebracht, die dazu dienen sollten, dem Patienten einen Luftstrom zuzuführen, der einen ganz bestimmten Chloroformgehalt besitzt. Es war ihm leider nicht vergönnt, eine Konstruktion zu finden, die ihn selbst ganz befriedigte; es unterblieben deshalb ausführlichere Mitteilungen. Auch die Theorie der Narkose mit Äther und Chloroform hat er durch verschiedene Schülerarbeiten zu fördern gesucht.

Mehrfach kehrt in Arbeiten ein hochinteressantes Thema wieder: „Die Einwirkung von Giften auf die quergestreifte Muskelsubstanz".

Durchströmt man den einen Hinterschenkel eines Frosches mit verdünnter Kochsalzlösung, den anderen mit der gleichen Salzlösung, der man eine Spur Digitalin oder Veratrin zugesetzt hat, so zeigt sich, dass die vergifteten Muskeln stets im Beginn des Versuchs erheblich an Gewicht, Wassergehalt und Dicke abnehmen, während ihre Länge konstant bleibt. Dabei ist die Erregbarkeit gesteigert, die Zuckungskurve höher. In einem zweiten Stadium wird das Gewicht grösser als das Anfangsgewicht, die Dicke des Muskels und sein Wassergehalt nimmt zu, die Länge bleibt gleich. Mikroskopische Untersuchungen zeigen, dass sich die Faserdicke vermehrt oder vermindert, nicht das zwischengelagerte Wasser. Durch destilliertes Wasser lässt sich sofort eine Gewichtsvermehrung und Verdickung des Muskels wieder durch Quellung der einzelnen Fibrillen, nicht durch Vermehrung des zwischengelagerten Wassers erreichen. Kochsalzlösungen von sehr schwacher Konzentration wirken wie destilliertes Wasser, starke Konzentrationen bringen, wie zu erwarten, die entgegengesetzte Wirkung hervor. In der Verwertung dieser Resultate ist *Kunkel* sehr zurückhaltend. Er deutet nur darauf hin, dass Quellungsvorgänge der Muskelfasern sowohl für die Theorie der normalen Zuckungen als wie für die Wirkung der verschiedensten Gifte eine wichtige Bedeutung zu haben scheinen[2]).

[1]) Sitzungsber. der physik.-med. Gesellsch. zu Würzburg 1890.

[2]) *Pflügers* Archiv Bd. 36. Festschrift für *Koelliker* 1887.

Digitized by Google

Die einzige Arbeit über eine Droge, die *Kunkel* ausgeführt hat, bezieht sich auf das Arbutin[1]), das Glykosid der Bärentraubenblätter. Er gab eine neue sehr einfache Methode zu seiner Darstellung an und empfahl es weiterer klinischer Erprobung, nachdem Laboratoriumsversuche nur seine Unschädlichkeit und seine im wesentlichen unzersetzte Ausscheidung nachgewiesen hatten.

Arbeiten, welche das Gebiet der Hygiene betreffen, liess *Kunkel* durch Schüler, solange noch kein eigenes hygienisches Institut in Würzburg vorhanden war, auch zuweilen anfertigen, namentlich hat sich eine Reihe von Untersuchungen mit dem Mainwasser, seiner chemischen und bakteriologischen Beschaffenheit beschäftigt. *Kunkel* selbst hat in das Handbuch der Hygiene von *Pettenkofer* und *Ziemssen* einen kleinen tüchtigen Beitrag „die Verkehrsmittel" geschrieben.

Zu den glänzendsten Arbeiten *Kunkels* aus seinen letzten Lebensjahren gehört der Aufsatz über die Stellung der Homöopathie zur heutigen Schulmedizin[2]), in der er in vornehmster Form aber in unbarmherziger Logik die Forderung kritisierte, die Homöopathie unter die ordentlichen Lehrgegenstände der staatlichen medizinischen Fakultäten aufzunehmen. Auf 5 Folioseiten ist in gedrängter Übersicht alles Wesentliche gesagt, was sich in dieser Frage sagen lässt, und als gegen diesen Artikel Angriffe erschienen, fasste er unter dem Namen „Homöopathie und heutige Schulmedizin" nochmals in vortrefflicher Weise die Gründe zusammen, welche die moderne wissenschaftliche Medizin und Naturforschung zur Ablehnung der Homöopathie veranlassen. Es ist dabei namentlich auch die vollkommene Sterilität der Homöopathie betont in den langen Jahren, in denen sie mit den Aussprüchen auftritt, eine wissenschaftliche Methode darzustellen. An allen Errungenschaften der heutigen Medizin ist kein Homöopath positiv arbeitend beteiligt gewesen. Die Arbeit ist in seinem Nachlass gefunden. Sie sollte das letzte sein, was die Wissenschaft von dem unermüdlichen Denker erhielt. (Münchner medizinische Wochenschrift 1905, Nr. 44).

Wir kommen nun zu *Kunkels* grösstem und reifstem Werke.

Lange Jahre trug sich *Kunkel* mit dem Gedanken, ein grosses Lehrbuch über Toxikologie zu schreiben, bei der Fülle des Stoffes und der Riesenhaftigkeit der zu bewältigenden Literatur eine schwere

[1]) Münch. med. Wochenschr. 1886, Nr. 49.
[2]) Münch. med. Wochenschr. 1902, Nr. 12.

Digitized by Google

Aufgabe. In unablässiger Arbeit, die wohl 6 Jahre lang seine beste Kraft in Anspruch nahm, hat er aber 1901 das gewaltige Werk mit über 1100 Seiten vollendet, das heute unzweifelhaft das beste Buch über Toxikologie für den Arzt darstellt, das wir besitzen. Von allen Seiten kamen dem Verfasser die schmeichelhaftesten Anerkennungen zu und zwar mit Recht.

Kunkel hat in diesem Buch nicht nur den schier unübersehbaren Stoff in planvoller Anordnung dargestellt, und ein Nachschlagebuch ersten Ranges geschaffen, die Vorzüge seines Buches liegen vielmehr vor allem darin, dass überall das Gesicherte und Wesentliche vom Unwesentlichen und Hypothetischen scharf geschieden ist, dass die Erfahrungen am Menschen in den Vordergrund gestellt sind und dass die Tierversuche mehr als Ergänzung zu den Menschenerfahrungen herangezogen sind. Die wichtigen und häufig vorkommenden Gifte sind ausführlich und mit liebevollem Eingehen auf die wissenschaftlichen Grundfragen dargestellt, die seltenen, den Theoretiker interessierenden Stoffe kürzer behandelt. Es ist mir immer interessant gewesen, dass *Kunkel* es verstanden hat, auch ohne nennenswerte Anwendung von Kleindruck ein übersichtliches Buch zu schaffen, in dem der Anfänger wie der Vorgerückte, der Praktiker wie der Theoretiker gleich vortreffliche Auskunft findet.

Mit diesem Buch, in das er alle in seinem Institut gemachten Schülererfahrungen hineinverwebte, hat sich *Kunkel* für immer in der Literatur ein ehrenvolles, wissenschaftliches Denkmal gesetzt.

Bücher, wie das von *Kunkel* können veralten, sie werden immer ihren Wert behalten, da sie den Besten ihrer Zeit genug getan haben.

Sie alle wissen, dass das, was ein Forscher von der Bedeutung *Kunkels* der Nachwelt in Wort und Schrift hinterlässt, nur ein Teil von dem darstellt, was er erfahren, gearbeitet und gedacht hat — der unerbittliche Tod hat auch diesmal viele Entwürfe zerstört, manche angefangene Arbeit unterbrochen, denn *Kunkel* stand noch in der Vollkraft seines Schaffens. Die Last des Alters hat er nicht kennen gelernt, von Krankheiten war er fast ganz verschont geblieben.

Die stolze Tanne hat ein jäher Blitzstrahl gefällt — es blieb dem zärtlich besorgten Gatten und Vater erspart, klar die Gefahr zu erkennen, in der er einige Tage schwebte, ahnungslos ging er hinüber.

Digitized by Google

Wir aber, die es heute noch nicht fassen können, dass soviel Arbeitswille und Arbeitskraft, soviel Geist und Gemüt mit einem Male dahin sein sollen, dass insbesondere unsere Gesellschaft, unsere Universität für immer den hochgeschätzten Freund, den begeisternden Lehrer vermissen sollen, wir wollen nachstreben, diesem schlichten grossen Menschen, diesem glühenden Vaterlandsfreunde und wahren Forscher. Sein Andenken bleibt unvergessen bei uns und soweit man echte Wissenschaft schätzt.

Digitized by Google

Albert Koelliker 1897.

Digitized by Google

Gedächtnisrede auf Albert von Koelliker,

gehalten in der 7. Sitzung der physikalisch-medizinischen Gesellschaft am 17. Mai 1906 von

Philipp Stöhr.

Am 7. August 1846 war der berühmte Orthopäde *Bernhard Heine*, ausserordentlicher Professor für Experimentalphysiologie der Universität Würzburg gestorben; es galt für dieses erst vor einem Jahre neu gegründete Fach einen geeigneten Vertreter zu finden. Die Wahl fiel auf den kaum 30jährigen Zürcher Extraordinarius, *Albert Koelliker*, der von den angesehensten Fachmännern jener Zeit, wie von *C. E. von Baer* und von *Jakob Henle* warm empfohlen, sich durch eine Reihe trefflicher Arbeiten auf dem Gebiete der Entwicklungsgeschichte und der Gewebelehre einen guten Namen gemacht hatte.

Der Energie der medizinischen Fakultät, vor allem dem unermüdlichen Eifer ihres Mitgliedes *Rinecker*, der damals Rektor der Universität war, gelang es, das Extraordinariat zu einer ordentlichen Professur umzugestalten, indem sie den schon alternden Ordinarius der Anatomie, *Münz*, bewog, die vergleichende Anatomie dem Physiologen abzutreten. Nachdem man noch dem zu Berufenden die freie Benutzung der anatomischen und der pathologischen Sammlungen zugesichert hatte, folgte *Koellikers* Zusage.

Am 16. September 1847 unterzeichnete König Ludwig das Anstellungsdekret. Damit war unserer Universität ein Mann gewonnen worden, der sich bald zu einer ihrer schönsten Zierden entwickeln sollte, zu einem „Stern erster Grösse", wie *Rinecker* ahnungsvoll in

Digitized by Google

dem Senatsbericht, der *Koelliker* zur Berufung vorschlug, geschrieben hatte.

Rudolf Albert Koelliker war am 6. Juli 1817 geboren; der älteste Sohn einer angesehenen Zürcher Familie wuchs er unter den denkbar günstigsten Umständen heran. Von früher Jugend an war er und sein nur zwei Jahre jüngerer Bruder zu körperlichen Übungen angehalten worden, Schwimmen, Rudern, Schlittschuhlaufen und vor allem Turnen schufen vereint mit glücklicher Anlage die Grundbedingung — mens sana in corpore sano — einen kräftig schönen Körper und gleich guter Einfluss wirkte auf seinen Geist. *Koellikers* Mutter, eine fein gebildete Frau, erzog ihre Söhne auf das Sorgfältigste, sie lernte sogar lateinisch, um die Aufgaben ihrer Knaben überwachen zu können; sie erteilte ihnen selbst französischen, englischen und italienischen Unterricht und legte damit den Grund zu dem unschätzbaren Vorteil, den der besitzt, der mühelos aus den wissenschaftlichen Quellen fremder Länder schöpft. Die schöne Schweizersitte, kleine Schulreisen in der gottgesegneten Heimat, weckten den Sinn des Knaben nicht nur für die Natur, sondern auch für die Naturwissenschaften. Der gute Geist, der von den jüngsten Tagen an zu *Koellikers* Seite gestanden hatte, führte ihn mit Menschen zusammen, die diesen Sinn in die rechten Bahnen zu lenken vermochten. Schon am Gymnasium lernte *Koelliker* die Reize der Scientia amabilis, der Botanik kennen, der er als Universitätsstudent unter *Oswald Heers* Leitung, in Gemeinschaft mit seinem Freunde *Carl Naegeli*, dem später so berühmt gewordenen Botaniker, besondere Pflege angedeihen liess. Eine 154 Seiten starke Schrift des damals 22jährigen „Verzeichnis der phanerogamischen Gewächse des Kanton Zürichs" war die Frucht, die keineswegs eine trockene Aufzählung der Arten war, sondern auch klimatische, wie geologische Verhältnisse berücksichtigte. Neben einem Herbarium nannte *Koelliker* damals eine geologische und eine mineralogische Sammlung sein Eigen, bei deren Anlegung er sich wiederum der Hilfe eines tüchtigen Fachmannes erfreuen durfte. Nach sechs Semestern, die dem Studium auch der anderen naturwissenschaftlichen Fächer, der Anatomie unter dem alten *Arnold*, sowie einigen Kliniken gewidmet waren, ging *Koelliker*, Freunden zu Liebe, nach Bonn, von wo ihn nach einem Semester sein guter Stern nach Berlin führte, zu *Johannes Müller*, dem berühmtesten Physiologen und vergleichenden Anatomen seiner Zeit, zu *Jakob Henle*, der *Koelliker* den mikroskopischen Bau des Körpers kennen lehrte, der ihn bekannt machte mit der von *Schwann*

Digitized by Google

soeben aufgestellten Lehre von der Zusammensetzung des Körpers aus Zellen. In Berlin war es auch, wo *Koelliker* durch *Remak* eingeführt wurde in die Geheimnisse der Entwicklungsgeschichte, von Berlin aus erfolgte auch die erste wissenschaftliche Reise an die See. Dort auf den Inseln Föhr und Helgoland lernte er und sein Freund *Naegeli* mit einem kleinen, von *Schönlein* entliehenen Mikroskop die ersten Wunder des Meeres kennen. In Berlin endlich verfasste *Koelliker* mit Hilfe eines unterdessen neu erworbenen Mikroskopes von *Schieck* — dem *Zeiss* jener Zeit — seine erste anatomische Arbeit „Über die Geschlechtsverhältnisse wirbelloser Tiere und über die Bedeutung der Samenfäden", mit welcher er sich bei der Zürcher philosophischen Fakultät den Doktorgrad erwarb. Im Frühjahr 1841 kehrte *Koelliker* in die Heimat zurück, um sich der medizinischen Staatsprüfung zu unterziehen. Selbst da fand der Examenskandidat noch Zeit, Studien über die Entwicklung von Fliegenlarven anzustellen, deren Eier er in der Limmat gefunden hatte, Studien, deren Publikation ihm die medizinische Doktorwürde in Heidelberg eintrug. Im nächsten Frühjahr unternahm *Koelliker*, abermals zusammen mit *Naegeli*, eine zweite Reise ans Meer, diesmal nach dem Süden, nach Neapel und Sizilien. Dort wo heute ein grossartiges Institut, erstanden 1870 durch die Energie des Jenenser Dozenten *Dohrn*, gehalten durch die Freigebigkeit des deutschen Reiches, dort, wo die zoologische Station heute Gelehrten aller Länder reiche Mittel zu Studien aller Art freigebig zur Verfügung stellt, dort in Neapel haben die beiden jungen Schweizer, fast ganz auf ihre eigene Kraft angewiesen, anatomische und mikroskopische Untersuchungen vorgenommen. *Koelliker* fuhr mit den Fischern selbst hinaus aufs Meer und sammelte mit Hilfe eines ihm von *Henle*, der unterdessen Professor in Zürich geworden war, gewährten Kredites Viel, das für das Museum der Zürcher Anatomie bestimmt war, Viel, das zur Erweiterung und Vertiefung seiner Kenntnisse diente. Eine ganze Reihe von Abhandlungen, die meisten über Wirbellose, stammen aus jener Zeit; die beste war ein Werk über die Entwicklungsgeschichte der Cephalopoden, eine ausgezeichnete Schrift, die nicht nur zum ersten Male die Entwicklung der Form dieser hochorganisierten Tiere in zusammenhängender Reihenfolge zur Darstellung brachte, sondern Ausblicke auf Erfahrungen aus dem Gebiete der Botanik, Vergleiche mit der damals nur in Bruchstücken bekannten Entwicklungsgeschichte der höheren Tiere gewährte — *Koelliker* hatte nicht vergebens bei *Johannes Müller* gehört. Grundlegend aber war die Cephalopoden-

Digitized by Google

schrift für die Entwicklung der Gewebe, von nicht genug zu schätzender Bedeutung für die vor wenigen Jahren von *Schleiden* und *Schwann* aufgestellte Lehre von den Zellen. In allgemeinen Umrissen entworfen, weit davon entfernt, auf sicherer Grundlage zu stehen war die junge Zellenlehre durchmischt mit mancherlei Irrtümern, reich an Unstimmigkeiten, die manchen Forscher, der nun tiefer in die Lehre vom Zellenleben eindrang, veranlassten, zu zweifeln und schliesslich die ganze Theorie zu verwerfen. *Schwann* vertrat damals noch die Lehre von der freien Zellbildung. Aus einer Gestaltungsflüssigkeit, dem Cytoblastema, sollte sich zuerst das Kernkörperchen, dann der Kern und schliesslich das Protoplasma bilden, quasi herauskristallisieren. *Koelliker* zeigte in der Cephalopodenarbeit, dass alle Zellen von den aus der Eizelle hervorgegangenen „Furchungskugeln" stammten, die man damals nicht Zellen zu nennen wagte, denn sie besassen keine Membran, und die gehörte nach der Lehre *Schwanns* zum Begriff der Zelle. *Koelliker* war es, der in dieser Schrift die freie Zellbildung überhaupt bestritt und behauptete, dass auch das Wachstum der Gewebe nur Abkömmlingen der Furchungszellen zuzuschreiben sei. Das war dasselbe, was im Jahre 1855 *Virchow* in den berühmt gewordenen Satz „Omnis cellula e cellula" prägte, was aber im Jahre 1844 kaum besonderer Beachtung wert gehalten wurde. War doch *Koelliker* selbst auf die alte Auffassung zurückgekommen, in dem er 1846 die Bildungszellen der roten Blutkörperchen frei im Leberblute um neu entstandene Kerne sich entwickeln liess. Erst die spätere Zeit sollte den hohen Wert des Cephalopodenwerkes recht erkennen.

So ist es erklärlich, dass Arbeiten *Koellikers,* deren Bedeutung wir heute nicht so zu bewerten geneigt sind, damals dem Verfasser viel grösseren Ruhm eintrugen. Ein Beispiel: *Koelliker* hatte die kurz zuvor von *Pacini* entdeckten Körperchen mit *Henle* nachuntersucht und gefunden, dass es Nervendapparate seien, indem er die eintretende Nervenfaser nachwies. Als *Koelliker* im Vorfrühlinge des Jahres 1845 nach London reiste, um die englischen Gelehrten und die wissenschaftlichen Anstalten dort kennen zu lernen, musste dort eigens eine Katze getötet werden, damit *Koelliker* dem berühmten *Sharpey* die Pacinischen Körperchen unter dem Mikroskop zeigen konnte. Es fällt uns schwer, sich in die damalige Sachlage hinein zu denken, jetzt, wo wir dem jungen Studierenden in den ersten Stunden der mikroskopischen Übungen die Pacinischen Körperchen mitsamt ihren Nerven spielend leicht demonstrieren können, und neidvoll gedenkt wohl

Digitized by Google

mancher an die Zeit, da die Entdeckungen auf der Strasse lagen und die Untersuchung eines beliebigen Objektes neue wertvolle Funde in Aussicht stellte. So einfach war es denn in Wirklichkeit doch nicht. Um die ausgezeichneten Leistungen *Koellikers* und seiner Genossen in jenen Tagen richtig würdigen zu können, müssen wir erfahren, dass die meisten Mikroskope jener Zeit äusserst mangelhafte Instrumente waren, so dass es heute Geübten schwer fallen würde, mit derartigen optischen Hilfsmitteln bekannte feinere Strukturen zu erkennen, geschweige denn Unbekanntes zu ergründen. Da gab es kein Mittel, die Organe zu erhärten und in dünne Schnitte zu zerlegen, das Doppelmesser *Valentins* war das einzige Instrument: zwei sehr scharfe Klingen, die mit einer Schieberpinzette einander genähert und so in das weiche Organ, in Leber oder Milz, gedrückt wurden. Da gab es kein Aufhellungsmittel, keine Färbungsmethoden. In Wasser, in Glaskörperflüssigkeit wurden die Massen untersucht, die man entweder durch Abkratzen der Oberflächen von Membranen oder durch Kompression dickerer Objekte herstellte. Kein Wunder war es, dass in jenen Zeiten die mikroskopische Beobachtung vielfach als etwas Unsicheres in Misskredit stand, weil es kein Leichtes war, aus jenen verschwommenen, in Halbdunkel gehüllten Bildern das Rechte herauszufinden. Volle Bewunderung aber müssen wir zollen den Männern, die mit solch unzureichenden Mitteln scharfblickend Dinge aufdeckten, die heute noch allgemeiner Anerkennung sich erfreuen.

Nach seiner Rückkehr aus Italien war *Koelliker* bei *Henle* Prosektor geworden, hatte sich habilitiert und hielt Vorlesungen über Osteologie und allgemeine Anatomie, die seit etwa 10 Jahren immer mehr mit dem Mikroskop gepflegt wurde. Als *Henle* drei Semester später, im Frühling 1844, einem Rufe nach Heidelberg folgte, wurde die anatomische Professur in Zürich geteilt; der nachmalige Wiener pathologische Anatom *Engel* wurde Extraordinarius für Anatomie, *Koelliker* Extraordinarius für vergleichende Anatomie und Physiologie, deren Hauptaufgabe in der Pflege der Embryologie und der Histologie bestand. Es mag uns jetzt eigentümlich erscheinen, dass die Histologie von der Anatomie getrennt und der Physiologie zugewiesen war, diese Einrichtung wird uns aber sofort verständlich, wenn wir erfahren, dass die damalige Histologie sich weniger wie heute mit den Formen, als mit den Prozessen der Entwicklung, der Ernährung und der Regeneration der Gewebe befasste. Wenn später, als die Histologie mehr nach der morphologischen Seite gravitierte, trotzdem die Physiologen die alte Domäne beanspruchten — und der Zustand bestand

Digitized by Google

bis in die letzte Zeit an manchen deutschen Universitäten — so mögen die Gründe hierfür weniger auf der sachlichen Seite gelegen haben. Histologie, die Lehre von den Geweben, und mikroskopische Anatomie, die Lehre vom feineren Bau der Organe sind integrierende Bestandteile der Anatomie, ohne die wir heute nicht mehr lehren können. Die Ahnung einer derartigen Zusammengehörigkeit dämmerte schon damals, die klare Erkenntnis sollte aber erst viel später zum Durchbruch gelangen.

Trotz der nun wesentlich erhöhten Ansprüche an die Lehrtätigkeit fand *Koelliker* Zeit nicht nur zu eigenen wissenschaftlichen Untersuchungen, sondern auch zur Heranziehung anderer Kräfte. Unter seiner Leitung entstand die Arbeit von *Fahrner* über Ursprung der Blutkörperchen, ihre Entstehung aus kernhaltigen Zellen wurde nachgewiesen — ein weiterer, damals sehr wertvoller Beitrag zur Kenntnis der Zellen. Unter *Koellikers* Leitung erstand die Dissertation von *Spöndli* über den Primordialschädel, in der die Knochen in zwei Gruppen, in knorplig vorgebildete und in Belegknochen geteilt wurden, eine Betrachtungsweise, die heute noch, nach 60 Jahren, volle Geltung besitzt. Von *Koelliker* selbst stammen aus jener Zeit Mitteilungen über Gregarinen, die er als einzellige Tiere erkannt hatte, ferner über Blutzellen, ausgedehnte Untersuchungen über glatte Muskelfasern, deren Erkennen noch viele Jahre später manchem Fachmann schwer fiel, ferner über Entwicklung der Gewebe bei Fröschen, endlich eine ganze Reihe von Mitteilungen über den feineren Bau der Organe des menschlichen Körpers, die Vorarbeiten zu einer mikroskopischen Anatomie, deren Abfassung *Koelliker* schon damals geplant hatte.

Das war die Kraft, die Würzburg neu gewonnen hatte, einen Mann von umfassender Bildung, sprachgewandt, mit allen Disziplinen der Naturwissenschaften wohl vertraut, einen Schüler der grössten Meister seiner Zeit, voll feurigen Eifers seinen Wissenskreis zu verbreitern, wie zu vertiefen, und besonders geschickt in der damals noch seltenen Kunst des Mikroskopierens, einen Gelehrten, der ungeachtet seiner 30 Jahre sich schon eines Rufes erfreute, der weit über die Grenzen seines Heimatlandes hinaus in alle zivilisierte Welt gedrungen war.

Im Herbst 1847 begann *Koellikers* Würzburger Lehrtätigkeit mit Vorlesungen über „Physiologie nach dem Lehrbuch von *Valentin*“ und über „mikroskopische Anatomie nach *Henles* allgemeiner Anatomie“, so gebot es damals die Sitte, dass mit dem Thema gleichzeitig das Lehrbuch, welches die Grundlage zu den Vorlesungen

Digitized by Google

bildete, mit angezeigt wurde. Im folgenden Sommer hielt *Koelliker* in dem von dem rührigen *Rinecker* schon vorher gegründeten mikroskopischen Institute — zwei in der Hauger Pfarrgasse gemietete Zimmer — Kurse über mikroskopische Untersuchungen und über physiologische Experimente ab und las Entwicklungsgeschichte, die gleichfalls *Rinecker* schon im Sommer 1847 nach *Bischoffs* Buch angekündigt hatte, ferner vergleichende Anatomie und ein ganz neues Kolleg, das *Koelliker* „topographische Histologie oder die Lehre vom feineren Bau der Organe und Systeme des menschlichen Körpers" nannte. Neu war diese Vorlesung insofern, als die Histologie sich bislang im wesentlichen darauf beschränkt hatte, die in den verschiedenen Organen vorkommenden Gewebsarten, deren man damals noch eine ganze Menge unterschied, gemeinsam zu betrachten, ohne den Organen selbst intensivere Aufmerksamkeit zu schenken. Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass das zwei Jahre später erschienene grosse Werk „Mikroskopische Anatomie" die Grundlage dieser Vorlesung bildete.

Im Jahre 1849 starb *Münz* und *Koelliker*, dem schon bei seiner Berufung die Nachfolgerschaft in Aussicht gestellt worden war, wurde von der Fakultät, die den kaum zwei Jahre in Würzburg tätigen schon jetzt als eine ihrer Hauptstützen erklärte, zum Nachfolger vorgeschlagen und zwar „mit gleichzeitiger Belassung in seiner gegenwärtig von ihm eingenommenen Stellung". Die Regierung folgte dem Vorschlage, *Koelliker* war damit Vorstand zweier Institute geworden, des anatomischen und des physiologischen, dem wie zuvor, vergleichende Anatomie, Entwicklungsgeschichte und Histologie zugeteilt blieb. Eine gewaltige Aufgabe war damit einem Manne übertragen, die selbst bei der ausserordentlichen Leistungsfähigkeit, deren sich *Koelliker* erfreute, nicht allein zu bewältigen gewesen wäre. Aber zur Seite *Koellikers* standen ausgezeichnete Kräfte, *Franz Leydig*, der schon vor *Koellikers* Ankunft Assistent bei *Rinecker* gewesen war, *Heinrich Müller*, der sich im Herbst 1847 habilitiert hatte und *Carl Gegenbaur*, der zuerst *Koellikers* Schüler, dann Assistent und 1854 Privatdozent geworden war. *Koelliker* selbst las im Sommer Physiologie, im Winter menschliche Anatomie, aber so umfangreich war schon damals das Gebiet der systematischen Anatomie, dass einzelne Kapitel den Helfern *Koellikers* übertragen werden mussten. Es ist bezeichnend für *Koelliker*, dass er mit diesen Kapiteln fortwährend wechselte, dass er einmal Osteologie, ein anderes Mal Sinnesorgane oder die Gefässlehre oder die Neurologie seinem Kollegen *Müller* übertrug. Dadurch sicherte er sich jene eingehende Beschäftigung mit allen

Digitized by Google

Teilen der systematischen Anatomie, wie sie eben nur durch das Abhalten von Vorlesungen gewährt wird und förderte die Verwirklichung seines grossen Planes, eine ausführliche Beschreibung des feineren Baues aller Organe des menschlichen Körpers zu liefern.

Ausser den beiden Hauptvorlesungen hielt *Koelliker* mikroskopische und experimentell physiologische Kurse, meist zusammen mit *Leydig*, während Histologie und — bis 1854 — auch Entwicklungsgeschichte *Leydig* allein überlassen blieb. Vergleichende Anatomie hatte *Koelliker* nach dem Tode von *Münz* meist *Leydig* oder *Gegenbaur* lesen lassen, während *Heinrich Müller* ausser den ihm jeweilig übertragenen Kapiteln aus der systematischen Anatomie hauptsächlich topographische Anatomie vorzutragen hatte, die *Koelliker* als neues Fach in Würzburg eingeführt hatte. Nachdem *Gegenbaur* 1856 nach Jena und kurz danach *Leydig* nach Tübingen berufen worden waren, trat *Koelliker* dem 1858 zum Ordinarius beförderten *Müller* die vergleichende und die topographische Anatomie vollständig ab. Im Sommer 1854 hatte *Koelliker* auch die Vorlesungen über Entwicklungsgeschichte wieder aufgenommen, die er mit wenigen Unterbrechungen von da ab bis fast zum Ende seiner Lehrtätigkeit alljährlich kultivierte.

Der plötzliche 1864 erfolgte Tod *Heinrich Müllers* führte zu einer tiefeingreifenden Umgestaltung. Die gewaltige Entwicklung der anatomischen Disziplinen, unter denen jetzt topographische Anatomie, Histologie und Entwicklungsgeschichte einen breiten Raum beanspruchten, machten die weitere Existenz von Anatomie und Physiologie unter einer Führung auf die Dauer unhaltbar. Auf den Vorschlag *Koellikers* erfolgte wieder eine Trennung von Physiologie und Anatomie, aber diesmal in anderer Weise, als sie vor 15 Jahren bestanden hatte. Anatomie, vergleichende Anatomie, Histologie und Entwicklungsgeschichte verblieben unter der Leitung *Koellikers*, die Physiologie aber wurde *Bezold* und nach dessen frühem Tode *Adolf Fick* übergeben.

Wenige Jahre darauf erfolgten weitere Wandlungen. Der Professor der Zoologie *Semper* hatte einen Ruf nach Göttingen erhalten und zur Bedingung der Ablehnung die vergleichende Anatomie als weiteres Nominalfach und einen Teil der vergleichenden anatomischen Sammlung verlangt.

Der einzig richtige Weg, die vollständige Abgabe der vergleichenden Anatomie an die Zoologie, deren Vertreter aufgehört hatten, das System der Tiere nur nach den äusseren Merkmalen zu ordnen,

Digitized by Google

die längst keine „Balgzoologen" mehr waren, dieser Weg wurde von *Koelliker* nicht beschritten. Er konnte sich von der Sammlung, die zum weitaus grössten Teile von ihm selbst herrührte, von den kostbaren Geschenken, die zum Teil ihm persönlich von ausländischen Verehrern übergeben worden waren, er konnte sich von den Präparaten, die oft mit grossen Opfern an Institutsgeldern erworben worden waren, nicht trennen. Ein Teil — kein zu grosser — wurde an *Semper* abgetreten, der Rest verblieb der Anatomie und mit diesem Rest auch der Titel „Institut für vergleichende Anatomie", das mit Histologie und Entwicklungsgeschichte zusammen als eine besondere Anstalt unter *Koellikers* Leitung weiter bestand. Damit war eine Organisation geschaffen, für deren Güte — ich sehe hier ab von der verkehrten Position der vergleichenden Anatomie — wohl nichts besser spricht, als die Tatsache, dass sie sich 35 Jahre erhielt und bewährte und dass in absehbarer Zeit wohl keine Veranlassung bestehen dürfte, tiefgreifende Veränderungen derselben vorzuschlagen.

Vor allem ist zu rühmen, dass *Koelliker* schon frühzeitig in seinen Vorlesungen über systematische Anatomie nicht da mit der Schilderung abschnitt, wo die makroskopische Betrachtung des Objektes an der Grenze angelangt war, sondern dass er die ganze Anatomie, grobe und feine, in einem Gusse, in einer Vorlesung besprach. Das mag selbstverständlich klingen, ist aber bis heute noch nicht allgemein durchgeführt, nicht nur in Nachbarländern, sogar innerhalb Deutschlands gibt es Universitäten, auf denen „grobe" und „feine" Anatomie von verschiedenen Lehrern in getrennten Vorlesungen vorgetragen werden, schwerlich zum Nutzen des medizinischen Unterrichtes. Es ist interessant, den Ursachen dieser — wie ich glaube verfehlten — Einrichtung nachzuspüren, doppelt interessant, weil *Koelliker* dabei eine Rolle zugeteilt werden könnte, die zu übernehmen er sich gewiss geweigert hätte. Die Ursachen sind in der veränderten Behandlung der Histologie zu suchen, die früher, z. B. in der 1841 erschienenen ausgezeichneten „allgemeinen Anatomie" von *Henle*, die einzelne Teile eines Organes aus ihrem Zusammenhange löste und für sich betrachtete. So ist z. B. in jenem Buche nichts vom Bau des Magens verzeichnet, wohl aber von den Drüsen der Magenschleimhaut, die mit anderen Drüsen des Körpers in einem gemeinschaftlichen Kapitel geschildert werden. Dass eine derartige Betrachtungsweise recht wohl Gegenstand einer besonderen, von der Anatomie getrennten Vorlesung sein kann, liegt auf der Hand. *Koelliker* aber hatte eine andere Einteilung gewählt, er schilderte in seiner mikro-

Digitized by Google

skopischen Anatomie die Tatsachen in derselben Weise wie die makroskopische spezielle Anatomie verfuhr, er besprach, um wieder bei unserem Beispiele vom Magen zu bleiben, zusammenhängend das ganze Organ in seinen einzelnen Schichten, die sich aus den verschiedensten Geweben zusammensetzen. Es liegt ebenso auf der Hand, dass eine derartige Betrachtungsweise nicht Gegenstand einer besonderen Vorlesung sein kann, sondern untrennbar ist von der Vorlesung der systematischen Anatomie. Wie *Koelliker* mit Einfügung der gesamten Histologie in die systematische Anatomie verfuhr, mag nachher, bei der Schilderung seiner wissenschaftlichen Tätigkeit erörtert werden.

So gross, so überaus reich *Koellikers* Lehrtätigkeit war, so eingehend war sie auch. Die ausserordentliche Gewissenhaftigkeit, die überhaupt eine der hervorstechendsten Eigenschaften *Koellikers* war, die Treue, der intensive Drang nach Wahrheit und Klarheit, sie traten auch bei dem Lehrer zuvörderst in Erscheinung. In ruhig fliessender Sprache beschrieb er uns den Bau des menschlichen Körpers, uns, die wir lautlos zu seinen Füssen sassen; denn er sprach fast leise, ja er liebte es sogar, wenn zu Beginn der Vorlesung nicht völlige Ruhe herrschte, seine Stimme noch mehr zu dämpfen, was ihm in kürzester Zeit die aufmerksamste Zuhörerschaft schuf. Sein Vortrag war unterstützt von feinen Bildern, die er mit farbigen Kreiden während der Vorlesung meist freihändig an die Tafel zeichnete. So ein Nierendurchschnitt war ein kleines Kunstwerk an Ebenmass und Genauigkeit, aber ein kleines, denn wie seine schöne Handschrift, die man fast mit der Lupe hätte lesen mögen, so waren auch seine Zeichnungen Miniaturbilder, die so mancher erst mit dem Fernglas entziffern konnte. Was wohl jeden seiner Hörer so besonders angenehm berührte, war die ruhige Sicherheit, die im Gebotenen lag; schmucklos, schlicht, ohne Phrasen, ohne Hypothese auf Hypothese zu türmen, trug er uns Anatomie, trug er uns Entwicklungsgeschichte vor und gab uns am Schlusse der Vorlesung oder in eigenen Demonstrationsstunden in trefflichen Präparaten klare Belege. Eine solide Grundlage empfangen zu haben, war wohl das Gefühl eines Jeden, der bei *Koelliker* gehört hatte. Und die gleiche Sorgfalt regierte im Präpariersaal, wie in den mikroskopischen Kursen; *Koelliker* war da unermüdlich im Unterweisen und Erklären und als 70jähriger wohl jedem Jüngeren noch überlegen an Ausdauer und Geduld. Und von der gleichen liebenswürdigen Gefälligkeit war er gegen die, denen das Glück beschieden war, in seinem Institute als Assistenten oder Prosektoren tätig zu sein.

Digitized by Google

Es lag nicht in *Koellikers* Art, seinen Assistenten Themata zur Bearbeitung zu überweisen — das geschah nur Studierenden gegenüber, die ihn um eine Aufgabe gebeten hatten — die meisten von uns haben sich ihre Aufgaben selbst gestellt, aber *Koelliker* war stets bereit, sich unsere Funde demonstrieren zu lassen und darüber zu disputieren; des geduldigsten Eingehens, der genauesten Prüfung des Vorgelegten konnten wir sicher sein und ebenso eines unumwunden ausgesprochenen Urteils. Lehrer war er aber uns allen durch sein Beispiel, das in treuester Pflichterfüllung und Gewissenhaftigkeit, das in zäher Ausdauer und Geduld, mit der er dem gesteckten Ziele zustrebte, seines Gleichen suchte.

Was *Koelliker* in wissenschaftlicher Beziehung geleistet hat, ist so unendlich viel, dass eine diesen Leistungen nur einigermassen gerechtwerdende Schilderung die mir zugemessene Zeit weit überschreiten würde. 60 Jahre lang ist *Koelliker* nicht nur in allen Disziplinen anatomischer Forschung, sondern auch auf dem Gebiete der Physiologie und der Zoologie unermüdlich tätig gewesen. Die Schilderung seiner Tätigkeit auf dem Gebiete der mikroskopischen Anatomie allein ist ein gutes Stück der Geschichte dieser Disziplin selbst. So muss ich mir Beschränkung auferlegen, so muss ich nur kurz erwähnen seine physiologischen Arbeiten über Gifte und ihre Wirkung auf Muskeln und Herz, über die Vitalität der Nervenfasern, über Leuchtorgane; sie fallen fast alle in das fünfte Dezennium des vergangenen Jahrhunderts; ich will ferner nur kurz gedenken seiner systematisch-zoologischen Abhandlungen über Schwimmpolypen, über Alkyonarien, um sofort auf *Koellikers* Hauptdomäne überzutreten, auf die Gewebelehre. Wer in *Koellikers* „Erinnerungen" das Verzeichnis seiner auf diesem Gebiete geschaffenen Arbeiten durchsieht, ist verblüfft über ihre Menge, wer sich nur etwas in diese Arbeiten vertieft, verblüfft über die Fülle des zutage Geförderten, das oft in so anspruchloser Form geboten wird, dass man nur zu leicht die Grösse der Arbeitsleistung übersieht. Ein Beispiel! Da gibt es eine Abhandlung *Koellikers* über verschiedene Typen in der mikroskopischen Struktur des Skelettes der Knochenfische, die kaum einen Bogen füllt und die auf einer Untersuchung von 289 Fisch-Arten fusst, bei denen nicht nur das innere Skelett und die bei Fischen bekanntlich oft knöcherne Sklera, sondern auch die Flossenstrahlen und das Schuppenkleid studiert worden waren.

Welche Unsumme von Arbeit steckt nicht in dem grossartig angelegten Atlas der vergleichenden Gewebelehre, der durch die

Digitized by Google

Schuld des vielleicht zu sparsam veranlagten Verlegers unvollendet blieb; auf welch breiten Grundlagen ruhen *Koellikers* Mitteilungen über Zellausscheidungen, die zu Zeiten *Schwanns* noch als eine aus dem Blute abgesetzte, zur Bildung von Zellen dienende Masse angesehen wurden. Zur Herrschaft über das ganze Tierreich strebte *Koellikers* unermüdlicher Fleiss; sein von so vielen bewunderter Scharfblick, die Sicherheit, mit der er das Rechte traf und an gefährlichen Abgründen ruhig vorüberschritt, sie waren gewonnen durch reiche Erfahrung, die ebenso in die Breite, wie in die Tiefe ging.

Und diese Erfahrung kam auch den Büchern zugute, die Ihnen allen wohl bekannt sind, seinen Lehrbüchern der Gewebelehre.

Drei Jahre nach *Koellikers* Ankunft in Würzburg erschien der erste, ein paar Jahre später der zweite Teil seiner „mikroskopischen Anatomie", ein heute noch kostbares Werk, in welchem zum ersten Male die spezielle Histologie aller Organe des Menschen eingehende Beschreibung fand. Welch ungeheuerer Fleiss in diesem Buche steckt, erkennt erst der, der erfährt, dass *Koelliker* völlig darauf verzichtete, die Erfahrungen anderer nur wiederzugeben. Jedes Kapitel basiert auf eigenen Untersuchungen, deren Resultate in der nüchternen, allen unsicheren Hypothesen abgeneigten Art, die *Koelliker* so auszeichnete, ihre Darstellung fanden. Wohl in der richtigen Erkenntnis, dass neue Entdeckungen nirgends besser versteckt werden können und weniger leicht zur Kenntnis des wissenschaftlichen Publikums gelangen, als in einem Lehrbuch, hatte *Koelliker* in zahlreichen (an 40!) kleineren Publikationen viele seiner neuen Befunde schon im Laufe der vorhergehenden Jahre veröffentlicht; aber das war immer nur ein kleiner Teil dessen, was in Wirklichkeit geprüft worden war. Es war ja die Zeit, in der noch so Vieles gänzlich brach lag, in der wertvolle Entdeckungen nicht allein durch eine logisch in Szene gesetzte Untersuchungsreihe, methodisch gewonnen werden konnten, es war die Zeit, wo es oft genügte einfach zuzugreifen, um Kostbares zu erwerben. Aus jenen Tagen stammt wohl auch die später, noch von uns gehörte Rede *Koellikers*: „Arbeiten Sie über" etc. Aber es war auch die Zeit, in der man eben allen Objekten die gleiche Aufmerksamkeit, die gleiche Gründlichkeit schenken musste, wo es nicht genügte, das Bindegewebe oder die quergestreifte Muskulatur einer beliebigen Stelle des Körpers zu untersuchen und daraus allgemeine Schlüsse zu ziehen, nein, es war die Zeit, wo das erste Gebot lautete, überall wo ein Gewebe, wo Organe am Körper wiederkehrten, mit gleicher Sorgfalt zu untersuchen und so das Material zu liefern, aus dem Gesetze ge-

Digitized by Google

fügt werden konnten. Eine Riesenarbeit, die unendliche Mühe und Geduld erforderte. Und dazu war *Koelliker* der rechte Mann. Da gab es Nichts, dem er nicht seine volle Aufmerksamkeit zugewendet hätte, gleichviel, ob das Objekt gerade besonders wichtig erschien oder nicht, ob es im Mittelpunkt physiologischen Interesses stand oder abseits lag, wie z. B. die Haare, deren phylogenetische Rätsel damals noch niemand würdigte. Alles, alles pflegte und förderte *Koelliker* mit gleicher Liebe und schuf so ein Werk, das heute noch, nach mehr als 50 Jahren, zum unentbehrlichen Rüstzeug jedes Mikroskopikers zählt.

Es ist charakteristisch, dass von dieser „mikroskopischen Anatomie" der zweite Band, die „spezielle Gewebelehre" zuerst geschrieben wurde. Es war das die natürliche Reaktion gegen die Zeit der zwanziger Jahre, in der man lieber Systeme aufführte, als Tatsachen ermittelte, in der man aus den vorhandenen Beobachtungen nicht die sichersten, sondern die in den Rahmen des Systems am meisten passenden wählte. *Koellikers* Art sagte die spekulative Methode wenig zu, ihm galt es erst „die Tatsachen genau festzusetzen". Der Weg zu den allgemeinen Sätzen musste zuerst durch ausgedehnte Detailforschung gebahnt werden.

Da war es freilich nicht ganz zu vermeiden, dass eine ganze Reihe von Bemerkungen im speziellen Teil Platz fanden, die eigentlich in eine allgemeine Gewebelehre gehörten, und dabei blieb es auch, als das Handbuch der Gewebelehre erstand, das durch alle Auflagen hindurch eine reinliche Scheidung der allgemeinen von der speziellen Gewebelehre nicht mehr zustande brachte. Die erste Schuld trug hier wohl die Unsicherheit über das, was man Gewebe nennen sollte. Von den 21 Geweben, die *Bichat* unterschied, war man allmählich auf 10 heruntergekommen; soviel zählte *Koelliker* noch 1852 auf. Drei Jahre später unterschied *Koelliker* nur mehr fünf und nach weiteren vier Jahren war in seinem Buche die Zahl der Gewebe auf vier herabgesunken; damit war man auf einem Standpunkt gelangt, der heute noch nach nahezu 50 Jahren Geltung hat. Zu gleicher Zeit hatte sich aber auch herausgestellt, dass die Gewebe nicht so einfacher Natur sind, wie man sich anfänglich gedacht hatte. Dieser Umstand hat *Koelliker* frühzeitig veranlasst, einfache Gewebe von zusammengesetzten zu unterscheiden, denen er dann eine ähnliche Einteilung der Organe anschloss. Die Folgen derartiger Einteilungsversuche, die *Koelliker* selbst als „misslich"[1]) bezeichnete, waren, dass

[1]) Handbuch der Gewebelehre, 5. Aufl., 1867, pag. 47.

Digitized by Google

die allgemeine Gewebelehre nicht zu ihrem vollen Rechte gelangte So kam es denn, dass später einzelne Autoren versuchten, die Gewebe überhaupt über Bord zu werfen und unter „allgemeiner Anatomie" oder „Gewebelehre" nur die Lehre von der Zelle, von den Elementarteilen verstanden, der dann die Lehre vom feineren Bau der Organe als „mikroskopische Anatomie" gegenüber gestellt wurde.

Die Freude *Koellikers*, Tatsachen festzustellen — und darin hatte er es zu unerreichter Meisterschaft gebracht — beherrschte auch dann noch seine Tätigkeit, als die Gewebelehre längst zu einem stattlichen Bau, nicht zum Geringsten dank *Koellikers* rastloser Arbeit, geworden war. Mit immer neuem Eifer förderte er Stein um Stein zum Licht, mit immer gleicher Sorgfalt bis ins kleinste Detail prüfend und beschreibend; nichts schien ihm zu gering, als dass er es nicht mit dem schweren Geschütz immer mehr verbesserter Methoden und Instrumente, mit dem durch reichste Erfahrung geschärften Blick angegriffen hätte, voraussetzungslos, mit klarem, durch keine vorgefasste Meinung getrübtem Auge.

Die gleiche Methodik wendete *Koelliker* einem zweiten Gebiete zu, der Entwicklungsgeschichte. Nach der Berufung *Leydigs* hatte *Koelliker* Vorlesungen darüber gehalten, die aber nur zum geringen Teil auf eigenen Erfahrungen beruhten. Sein Buch „Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Tiere", das im Jahre 1861 erschien, war nichts anderes, als die stenographische Aufzeichnung jener Vorlesungen, ein Leitfaden für seine Zuhörer, erläutert durch Zeichnungen, die zum Teil nach eigenen Präparaten entworfen worden waren[1]).

Koellikers Art, alles auf eigene Untersuchungen zu stellen, auf Grund eigener Erfahrungen seine Vorträge zu gestalten, konnte natürlich in Vorlesungen nach fremden Anleihen auf die Dauer keine Befriedigung finden. Die notwendige Folge waren eingehende Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbeltiere, die sich nicht nur auf das damalige Lieblingsobjekt so vieler Embryologen, auf das Hühnchen, sondern auch auf einen Sänger, auf das Kaninchen, erstreckten, die beide vielfach zur Ausfüllung der in der Entwicklungsgeschichte des Menschen klaffenden Lücken dienen mussten; den niederen Wirbeltieren die verdiente Beachtung zu schenken, davon

[1]) Darunter finden sich auch zum ersten Male Querschnitte junger Embryonen, die *Koelliker* in der Weise hergestellt hatte, dass der Embryo auf einen Objektträger gebracht und durch Druck eines aufgesetzten Rasiermessers geschnitten wurde.

Digitized by Google

musste bei der Grösse der gestellten Aufgabe leider Abstand genommen werden. Es war in der Tat eine gewaltige Aufgabe, an die *Koelliker* nun mit der alten Treue und Gewissenhaftigkeit ging, die zunächst eine Fülle wertvoller Einzelbeobachtungen brachte. Die Entwicklung der Keimblätter wurde auf das Eingehendste dargestellt in Wort und Bild und in gleicher Weise erfuhr die Entwicklung der Organe durch *Koelliker* eine musterhafte Schilderung. Der Wert des Buches wurde noch erhöht durch eine Menge trefflicher Abbildungen von Originalpräparaten, bei deren Herstellung *Koellikers* ausgezeichneter Präparator, der jetzige Kustos *Hofmann*, der im Jahre 1869 in die Würzburger Anatomie gekommen war, wertvolle Dienste leistete. Der Student, der heute im histologischen Laboratorium mit einem Schneideapparat mühelos eine fortlaufende Serie von feinsten Schnitten des kleinsten Embryo herunterhobelt, hat keine Vorstellung von der Mühe, mit der noch in den 70er Jahren die Anfertigung von Schnitten durch Embryonen verbunden war. Nicht jeder Schnitt konnte aufgehoben werden, denn das Einlegen war mit grossen Umständlichkeiten verknüpft; jeder Schnitt wurde einzeln unter Deckglas gebracht und vor Druck durch ein paar seitlich eingefügte Papierstreifen geschützt. Es ist bewundernswürdig, wie es *Koelliker* gelang, an solch unvollständigen Präparatenserien so gute Beobachtungen anzustellen, Schlüsse zu ziehen, die vielfach heute noch voller Anerkennung sich erfreuen. Selbstverständlich hat *Koelliker* in seiner Entwicklungsgeschichte zu den wichtigsten allgemeinen Fragen jener Tage eingehend Stellung genommen. Im Jahre 1868 hatte *His* eine neue Theorie aufgestellt, die darauf hinauslief, dass der embryonale Leib doppelten Ursprunges sei; Nerven, Muskeln, Epithel und Drüsen sollten aus der Keimscheibe entstehen, sie bildeten den Hauptkeim, den Archiblast, während Bindegewebe und Blut aus einem besonderen Nebenkeim, dem Parablast, hervorgegangen sein sollten. Zwei Momente mögen wohl die Hauptveranlassung zu dieser Theorie gewesen sein. Erstens die damals viel verbreitete Vorstellung, dass die Eier doppelten Ursprunges seien, dass die Dottermassen eingewanderten Zellen ihr Dasein verdankten, eine Vorstellung, die keineswegs allein für das Hühnerei, sondern auch für die Eier von Säugetieren in Anspruch genommen wurde; ich möchte hier nur an die Mitteilungen von *Pflüger* erinnern, der Zellen des Follikelepithels durch die Zona pellucida in das Ei eindringen liess. Ein zweites Moment war durch den unglücklichen Umstand gegeben, dass das Hühnerei zur Lösung derartiger Fragen das denkbar ungeeignetste Objekt war, denn das

Digitized by Google

Vogelei ist durch die gewaltige Überladung mit Nahrungsdotter in der Entwicklung der definitiven Körperform derartig gehemmt, dass dieses Ziel nur auf schwer zu verstehenden Umwegen erreicht wird, während niedere Wirbeltiere, deren Eier dotterarm sind, auf geradem, leicht verständlichem Wege zum Ziele gelangen. Auch die Säugetiere sind zur Lösung gerade dieses Problems ungeeignet, denn ihre Vorfahren besassen dotterreiche Eier und daher kommt es, dass auch die Säuger bei ihrer Entwicklung vielfach sich so verhalten, als wenn sie Nahrungsdotter besässen.

Während andere angesehene Anatomen sich auf *His*' Seite gestellt hatten, hat *Koelliker* trotzdem, dass auch er seine Erfahrungen im wesentlichen auf dem Gebiete der Entwicklung der Vögel und der Säuger gesammelt hatte, sich gegen *His*' neue Theorie ausgesprochen und es mag ihn mit besonderer Genugtuung erfüllt haben, dass in der bedeutsamen zweiten Anatomenversammlung, die 1888 hier stattfand, die Lehre *His*' durch den auf Untersuchung aller Wirbeltierklassen gestützten Vortrag *Rabls* von Grund aus zerstört wurde. Der Protest *Koellikers* gegen die Aufstellung eines besonderen Bindegewebskeimes, seine (später, 1884 noch einmal betonte) Lehre, dass die im Körper auftretende Bindesubstanz loco, in allen Primitivorganen des Mesoderms entstehe, hatte damit eine glänzende Bestätigung gefunden.

Auch in einem anderen Punkte war *Koelliker His* entgegengetreten, nämlich in dem Versuche, die Mechanik der Gestaltung des Embryo auf das Problem von den Formveränderungen einer ungleich sich dehnenden elastischen Platte zurückzuführen. Mit der trockenen Bemerkung, dass es wohl im ganzen Tierreich kaum ein Gewebe gebe, dem weniger Elastizität zugeschrieben werden könne, als der Keimhaut im Hühnerei, war das Urteil über derartige Bestrebungen gesprochen.

Seit dem Erscheinen der fünften Auflage der *Koelliker*schen Gewebelehre waren 20 Jahre verstrichen; *Koelliker* hatte schon das 70. Lebensjahr überschritten, als er sich zur Abfassung einer neuen Auflage entschloss, oder vielmehr eines ganz neuen Werkes, denn in den zwei Dezennien war der Gebrauch des Mikroskops ein allgemeinerer geworden, eine Menge tüchtiger Arbeiter waren herangewachsen, Instrumenten und Methoden waren verbessert, eine Fülle neuer Tatsachen war auf dem Gebiete der mikroskopischen Anatomie festgestellt worden. *Koelliker* hatte all die Fortschritte aufmerksam verfolgt, in seinem Laboratorium wurden die Resultate anderer geprüft,

Digitized by Google

neue Methoden nachgeprobt. 1887 hatte *Koelliker Golgi* in Pavia besucht und da dessen so berühmt gewordene Methode kennen gelernt. Ihre rasche Verbreitung verdanken wir *Koelliker* geradeso wie die Würdigung der ausgezeichneten Leistungen des Spaniers *Ramon y Cajal*; in seinen alten Tagen hat *Koelliker* noch Spanisch gelernt, um *Ramons* Arbeiten im Original studieren zu können.

Bald konnte der Kundige aus den Publikationen *Koellikers* schliessen, dass die neue Auflage seines Lehrbuches im Werke sei und dass der greise Gelehrte in altgewohnter Weise Kapitel um Kapitel selbst prüfe und Arbeiten anderer nachuntersuche. Dabei ergab sich eine Menge neuer Funde: über Kernteilung in Amphibieneiern, über den feineren Bau des Knochengewebes, der quergestreiften Muskeln, über die Entstehung des Pigmentes in den Oberhautgeweben und über die Entwicklung der Nägel, die in Vorträgen und Abhandlungen bekannt gegeben worden sind. Im Frühjahr 1889 war der erste Band, der die allgemeine Gewebelehre und von der speziellen die äussere Haut, Knochen- und Muskelsystem behandelte, vollendet. Dass das Nervensystem den Inhalt des nächsten Bandes bilden werde, verkündete wieder eine Reihe von Publikationen über den feineren Bau des Rückenmarkes, des Kleinhirns, des Bulbus olfactorius, über die Nerven der Milz, über das sympathische Nervensystem, lauter Arbeiten, bei denen von den modernsten Methoden ausgiebigster Gebrauch gemacht worden ist. Der komplizierte Verlauf der Leitungsbahnen in Hirn- und Rückenmark, mit dem sich *Koelliker* seit vielen Jahren nicht mehr beschäftigt hatte, der durch die Methoden *Weigerts* und *Golgis*, durch experimentelle, vergleichend-anatomische wie entwicklungsgeschichtliche Behandlungsweise eine neue Spezialwissenschaft geworden war, wurde mit der gleichen Gründlichkeit untersucht, wie die Entwicklung der Nervenelemente, über welche schon damals der jetzt neu entflammte Streit brannte. Und nicht auf Mensch und höhere Tierklassen erstreckten sich diese Untersuchungen, Rückenmark und Gehirn aller Wirbeltiere waren in den Kreis gezogen worden; Tausende und aber Tausende von Präparaten waren von dem nicht nur in der Technik wohlerfahrenen Kustos *Hofmann* hergestellt worden. Sie bilden jetzt einen kostbaren Teil unserer mikroskopischen Sammlung.

Dass eine solche Riesenarbeit nicht mit der gleichen Schnelligkeit bewältigt werden konnte, war natürlich. Im Jahre 1893 erschienen die ersten 24 Bogen, im Frühling 1896 war der zweite Band vollendet; nahezu 900 Seiten, reich geschmückt mit herrlichen Zeichnungen, ein Werk, das auf viele Jahre hinaus eine unerschöpfliche

Digitized by Google

Fundgrube, ein kostbarer Ratgeber und Helfer für alle diejenigen sein wird, die sich auf dieses schwierige Gebiet zu begeben wagen. War es ein Wunder, dass der nunmehr 79jährige, nach einer solch gewaltigen Leistung ermüdete Greis die Vollendung des Buches seinem Freunde *v. Ebner* übertrug? Und doch war damit der Schaffensfreude *Koellikers* keine Grenze gesetzt. Jahr um Jahr erschienen neue wertvolle Beiträge; unter ihnen befindet sich der von den Physiologen so lange schon geforderte und von Anatomen trotz heissen Bemühens nicht sicher erbrachte Nachweis ungekreuzter Opticusfasern, ferner Studien zur Entwicklung des Glaskörpers und mehrere Abhandlungen über die Hauptfrage der letzten Jahre, über die Entwicklung der Nervenfasern; fertig zum Versand lag die letzte Schrift zu Hause, als der Tod dem Nimmermüden Ruhe gebot.

Dass ein Mann von solch ungeheuerem Wissen — selbst seine Gegner haben ihn den kenntnisreichsten aller Anatomen genannt — seine grossen Erfahrungen auch in den Dienst allgemeiner Fragen stellte, ist selbstverständlich. *Koellikers* Widerspruch gegen *Haeckels* Gastraeatheorie, gegen das biogenetische Grundgesetz war in einem Buche, das sich nur die Entwicklungsgeschichte der höheren Wirbeltiere zur Aufgabe gestellt hatte, wohl begreiflich. Der Hypothese einer Abstammung der Organismen von einer einzigen Urform seine Anerkennung versagend, nahm *Koelliker* die Urzeugung verschiedener voneinander unabhängiger Urformen an, deren jede sich selbständig weiter entwickeln sollte. In der Vererbungsfrage hob *Koelliker* die grosse Bedeutung der Zellkerne hervor und brachte für diese Auffassung eine Menge schwerwiegender Belege. Gegen *Darwins* Theorie der Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl, durch Weiterentwicklung kleiner, im Kampf ums Dasein nützlicher Varietäten, machte *Koelliker* geltend, dass unsere Erfahrungen über Generationswechsel, über die Metamorphosen der Larven nicht im Sinne einer allmählichen Umbildung, sondern auch für eine sprungweise Neubildung von Formen sprächen, eine Auffassung, die anfangs lebhaft bekämpft, jetzt durch Beobachtungen auf botanischem Gebiete neue Stützen gewonnen hat.

Und noch bin ich nicht zu Ende mit der Schilderung seiner wissenschaftlichen Tätigkeit. Im Jahre 1849 hatte *Koelliker* zusammen mit *von Siebold* die Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie gegründet, ein heute noch in voller Blüte stehendes Organ; und in das gleiche Jahr fiel die Gründung der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg, die auf *Koellikers* Anregung erstanden war, der

Digitized by Google

er bis zu seinem Ende die treueste Pflege, die eifrigste Förderung zuteil werden liess. Dass *Koelliker* es war, der den jungen Verein in den ersten Jahren seines Daseins hielt und stützte, geht schon daraus hervor, dass er in den ersten 12 Jahren siebenmal Vorsitzender war; unzählig sind die Vorträge, die Demonstrationen, die er da gehalten; ihm verdankt die Gesellschaft zum grössten Teile ihre stattliche Bibliothek, denn *Koellikers* Ansehen war es wohl, das uns den Tausch mit kostbaren Schriften des Auslandes ermöglichte. Immer neue Anregungen hatte er zu bringen; die letzte schuf den im Jahre 1901 zum ersten Male in Aktion getretenen Brauch, dass der erste Vorsitzende am Stiftungsfeste der Gesellschaft einen Vortrag über wichtige Errungenschaften seines Spezialfaches Bericht erstattete; damit war gleichzeitig an die alte, vergessene, eine Zeitlang sogar perhorreszierte Sitte, auch Referate in die Sitzungen zu bringen, angeknüpft. Keiner von uns wird wohl das Wort „Physikalische" hören, ohne gleichzeitig *Koellikers* zu gedenken, so innig sind beide verbunden.

Dass *Koelliker* zu den Gründern der 1887 erstandenen anatomischen Gesellschaft gehörte, dass er der erste Präsident derselben war, möchte man eigentlich fast als selbstverständlich bezeichnen. Seine Treue auch zu dieser Gesellschaft war die gleiche; *Koelliker* war der regelmässigste Teilnehmer, aufmerksam folgte er Vorträgen und Demonstrationen alter, wie junger Kollegen. Besonders dankbar wollen wir gedenken seiner Art zu diskutieren, die vornehm ruhig, niemals von oben herab, unter wohlwollendster Berücksichtigung der gegnerischen Auffassung geführt wurde. Die Art und Weise, wie er sich auch von dem jüngsten Fachgenossen dessen Präparate zeigen liess, mit welcher Geduld er die oft zu längatmigen Auseinandersetzungen des von eigenen Entdeckungen ganz Trunkenen anhörte, war geradezu mustergültig. Und zu weiterem Danke ist ihm die anatomische Gesellschaft verpflichtet, ob seiner Pflege internationaler Beziehungen. Mit stolzer Freude, nicht minder aber auch mit dem Gefühle aufrichtiger persönlicher Sympathie und Verehrung begrüssen wir alljährlich eine stattliche Zahl der angesehensten Anatomen des Auslandes. Das war *Koellikers* Werk.

Koellikers Bild wäre nicht vollständig, würde ich nicht seiner „Erinnerungen aus meinem Leben" gedenken, die er an des Jahrhunderts Wende seiner Familie, seinen Freunden und Kollegen gewidmet hat. Mit der Genauigkeit eines Chronisten ist da alles verzeichnet, gut ausgestattet mit Belegen — Veritati — nach bestem Wissen und

Digitized by Google

Gewissen. Es wäre zu verwundern, wenn *Koelliker* nicht mit stolzer Befriedigung heruntergesehen hätte von der erklommenen Höhe auf den langen Weg, auf dem fast jeder Schritt eine Förderung seiner geliebten Wissenschaft bedeutet. Seinen Freunden und Kollegen ist das Buch gewidmet, die wohl wissen mussten, dass ihm kleinliche Eitelkeit fern lag. Dass er ein Meister war, wer möchte das bestreiten? „Der Wahrheit" war stets seine Devise, ein Widerspruch seines ganzen Wesens wäre es gewesen, wenn er anders berichtet hätte. Und noch in anderer Beziehung sind die Erinnerungen ein interessantes Dokument. Mitten im Erzählen gerät *Koelliker* in wissenschaftliche Erörterungen, im Handumdrehen ist aus der Biographie eine Spezialarbeit geworden, die Erinnerungen führen ihn zurück, dahin wo er am liebsten geweilt hat, zu seinen Büchern, zu seinem Mikroskop, ins Laboratorium, wo er so unendlich viel geschaffen hatte.

Reich an vortrefflichen Leistungen war sein Leben, reich aber auch an wohlverdienten Auszeichnungen: Berufungen an andere Universitäten, Preise, Medaillen, Festschriften, die Ehrenpräsidentschaft der physikalisch-medizinischen, wie der anatomischen Gesellschaft wurden ihm zuteil, er war Ehrendoktor fremder Universitäten, Ehrenbürger unserer Bischofsstadt, zahlreiche Orden schmückten seine Brust, die medizinische Fakultät liess seine Marmorbüste in der Anatomie aufstellen, eine Strasse Würzburgs erhielt seinen Namen, Seine Kgl. Hoheit der Prinz-Regent verlieh ihm den Titel „Exzellenz".

Freundlich lächelnd nahm er all das entgegen, in dem Gefühl, was Rechtes geschaffen zu haben, in dem Gefühl, das dann wahrhaft beglückt, wenn der Leistung auch die äussere Anerkennung, die Probe auf das Rechenexempel, zuteil wird. Eitle Selbstüberhebung war ihm aber durchaus fremd; in der Anerkennung der Verdienste anderer war er stets der Erste. Ich erinnere Sie nur an das schöne Wort, das er in seiner Festrede beim 25jährigen Jubiläum der physikalisch-medizinischen Gesellschaft sprach: „*Heinrich Müller* wurde schliesslich der erste in seinem Gebiete". Das Gebiet war die Anatomie, auf dem *Koelliker* schon damals Hervorragendes geleistet hatte.

Die geradezu unglaublichen Leistungen *Koellikers*, gleich bewundernswert in ihrer Fülle, wie in ihrer Gewissenhaftigkeit, sie waren nur möglich durch das Zusammentreffen so vieler günstiger Umstände. Eiserner Fleiss, Geduld und Ausdauer, Liebe zur Sache und Veranlagung, ein langes, langes, ruhig dahinfliessendes Leben, eine vortreffliche Gesundheit, die ihm geistig wie körperlich treu blieb

Digitized by Google

bis zur letzten Stunde. Die nervenzerreibende Hetze unserer Tage liess *Koelliker* unberührt; ohne Hast, stetig ging er seinen Weg. Er verstand vor allem die Kunst, keine Minute unbenützt verstreichen zu lassen. Wie oft haben wir ihn in der Arbeit unterbrochen; freundlich und aufmerksam nahm er unsere Anliegen entgegen, erteilte seinen Rat, dann wendete er sich wieder dem Mikroskope zu, obwohl er wusste, dass in fünf Minuten seine Vorlesung beginnen würde.

Und eine zweite Kunst war sein Eigen: die Arbeitskraft sich zu erhalten durch rechtzeitige Erholung. Und die gewährten ihm schon die grossen Reisen. *Koelliker* ist fast in allen Ländern Europas gewesen, besonders oft in Frankreich, England und Italien, wo er nicht nur mit den ersten Gelehrten seines Faches Beziehungen anknüpfte, sondern zuweilen auch in der Sprache des betreffenden Landes vortrug. Selbst in hohem Alter hat *Koelliker* die grössten Strecken mühelos durchmessen; es war nichts Seltenes, dass *Koelliker* aus Italien kommend zu einer Versammlung im Norden Deutschlands fuhr und dann kreuz und quer durch das Reich eilend sich wieder nach dem Süden wandte.

Erholung war ihm vor allem die Jagd, der schon der halberwachsene Junge auf dem Zürcher See sich zugeneigt hatte. Als *Koelliker* 1840 mit *Naegeli* auf der Insel Föhr weilte, sass er den einen Tag am Mikroskop — die Freunde hatten zusammen nur ein einziges — den anderen Tag, an dem *Naegeli* mikroskopieren wollte, ging *Koelliker* mit der Flinte in der Hand den Möven nach. Und so sollte es bleiben bis ins höchste Alter. Draussen auf den Feldern der Würzburger Markung, in den Waldtälern von Rimpar, im Spessart, in den Rheinauen, in den Bergen Bayerns wie Oberösterreichs pflegte *Koelliker* des edlen Weidwerks. Mein Zimmer schmückt ein Geschenk *Koellikers*, ein Hirschgeweih; acht Enden zählt es nur, aber ein 86Jähriger hat es erbeutet auf freier Wildbahn.

So eifrig aber auch *Koelliker* St. Huberto diente, nie ward die Leidenschaft zur umumschränkten Herrscherin. Obenan stand die Pflicht, in deren treuester Erfüllung uns *Koelliker* von jeher ein leuchtendes Beispiel war. Er war in den letzten Jahren etwas schwerhörig geworden; das hinderte ihn aber nicht, all den verschiedenen Sitzungen beizuwohnen. Stundenlang sass er da, ernst zuhörend, wie viel mag ihm dabei entgangen sein! 14 Tage vor seinem Tode hatte er noch an einer Fakultätssitzung teilgenommen!

Und gleich treu war *Koelliker* in der Erfüllung seiner politischen Pflichten; er erwarb vor Jahren schon das Bürgerrecht, um

Digitized by Google

seiner Partei mit zum Siege zu verhelfen; als bei der letzten Landtagswahl in seinem Bezirk eine Nachwahl nötig geworden war, liess sich der 89jährige Greis die Mühe nicht verdriessen, zum zweiten Male die steile Treppe hinaufzusteigen, um seinen Zettel in die Urne zu werfen.

Nun ist der Platz leer, eine klaffende Lücke hat der Tod in unsere Reihen gerissen, die Universität hat ihre schönste Zierde, die medizinische Wissenschaft einen der bedeutendsten Gelehrten verloren. Siegreich aber bestehen weiter des Entschlafenen Werke, deren Wert dauernd ist, wie der Ruhm ihres Schöpfers.

Digitized by Google

Die Sesleria-Halde

von

Gregor Kraus.

Mit 2 Tafeln.

I. Die Halde.

Wer mit der Bahn von Würzburg dem Spessart zufährt, begegnet gleich hinter Veitshöchheim am Ravensberg auffallend gerundeten Hängen, die in der Ansicht von unten fast wie angelehnte halb in den Berg versunkene Erdkegel aussehen.

Sie fallen dadurch besonders in die Augen, dass sie scheinbar nur von einer einzigen kleinen Pflanze gleichmässig besät und wie punktiert aussehen: Das sind die ersten grossen Sesleria-Halden, welche das rechtseitige Maintal nördlich von Würzburg, soweit es im Wellenkalk liegt, auszeichnen.

Nicht bloss botanisch, besonders auch landschaftlich eine so auffallende Erscheinung, dass man sich wundern muss, wie sie bis heute so gar keine Beachtung finden konnte.

Diese Bildungen sind nicht auf die genannte Stelle beschränkt; sie kommen noch einmal und noch schöner vor, wenn man Thüngersheim verlässt und die Höhen wieder an den Main herantreten, unter dem Tiertalberg gegen Retzbach zu. Da ist die klassische Entwicklung der Sesleriahalden, wo die reinsten Formen dieser Art und in grösster Ausdehnung noch erhalten sind. Ich habe diese Stelle auf Tafel VI Fig. 4 abgebildet und die vordersten und schönsten Halden auf Fig. 3 noch für sich dargestellt.

Digitized by Google

Geologisch genommen sind diese Sitze der Sesleria varia „Gehängeschutt"; aber tausende Tonnen von verwittertem Gesteinsmaterial, das in der Vorzeit durch Frost und Wasser über die stehengebliebenen Schaumkalkbänke herabgestürzt ist. Es ist nicht zufällig, dass an den beiden genannten Stellen die Halden unter Bergen liegen, die keine Tafelberge sind, und oben mit dem Schaumkalk abschliessen, wie der Volkenberg und der Kalbenstein, sondern über dem Wellenkalk noch eine Staffel aus eigentlichem Muschelkalk tragen. Dieser höhere Aufsatz ist es offenbar, welcher das Schuttmaterial geliefert hat und wohl auch noch liefert.

Wo der Schutt an diesen Orten am massigsten liegen geblieben ist, da deckt er die hohen Schaumkalkmauern, die sonst wie das Gerippe durch die Landschaft ziehen, völlig zu und es entstehen die vollendet gerundeten Hügel, die wie Kissen geschwollen sind; Fig. 3 die rechte Halde. Daneben links, wo der Schutt weniger hoch liegt, sieht man oben die beiden starken Schaumkalkbänke als schmale Streifen hervorragen. Und auf Fig 4 ist die Fortsetzung der Landschaft nach Retzbach zu sehen, welche uns zeigt, dass hier der Schutt die Schichtenköpfe des Wellenkalks nur dürftig deckt und die gewaltigen Mauern mit ihren malerischen turmartigen Vorsprüngen nackt daliegen, weiterhin endlich, unter der Benediktus-Höhe hat sich kaum Schutt gehalten; da fehlen aber auch die Seslerien.

Gewiss haben unsere Pflanzen auf den eben geschilderten Halden einmal bis ins Tal heruntergereicht, jetzt freilich leben sie nur noch auf den oberen steilen Teilen. Begreiflicherweise war dieser Schotterboden mit seiner exquisiten Südwestexposition willkommen für Weinbau wie keiner; die untere meist weniger steile Hälfte der Halden ist längst allgemein mit Wein bepflanzt. Der Botaniker sieht mit Unbehagen, wie die letzten guten Weinjahre Anlass geworden, dass die Weinberge sich nach oben ausdehnen und die pontische Kulturpflanze in den Sitz der Seslerie und die Naturbestände von Steppenpflanzen eine Lücke um die andere reisst. —

Zwischen Retzbach und Karlstadt, wo die Bedingungen für die Bildung grosser Schutthalden durch das Auftreten von Staffelbergen, am Rosstalberg z. B., zum dritten Male gegeben erscheinen, sind bei näherer Betrachtung die Vorbedingungen dazu doch wesentlich ungünstiger. Hier stehen die Schaumkalkmauern viel tiefer, als bei Thüngersheim, bieten auch vor sich bis zum Fluss weniger Raum, und vor allem ist der Böschungswinkel der über dem Wellenkalk liegenden Muschelkalkstaffel sehr viel geringer und daher zum Bröckeln

Digitized by Google

und Abstürzen weniger geneigt als dort; die Bildung grosser Schutthalden ist unterblieben. —

Aber jenseits Karlstadt lernen wir eine andere Form grosser Sesleriasitze kennen, die nicht wie die eben geschilderten Halden stark gerundet und kissenartig geschwollen aussehen, und doch im Wesen mit ihnen übereinkommen und, wie wir sehen werden, auch Schutthalden sind: Vom Maingestellgraben bis zum Krainberg erstreckt sich das grosse Kalbensteinplateau, dadurch entstanden, dass dort der ganze Muschelkalk abgetragen ist, die Schaumkalkbänke ausstreichen und einen tafelförmigen Abschluss geben. Hier fehlt zur Bildung bedeutender Schuttmassen und rundgeschwollener Gehänge das Material. Zwar wird auch hier der Hang mehr weniger von Schutt überzogen, doch ist die Masse desselben so gering, dass nicht er, sondern die Form der Schichtenköpfe die charakteristische Gestalt der Sesleriasitze bestimmt,

Ein Bildchen dieser Art von Sesleriahalden haben wir auf Taf. V Fig. 2 vom Falkengraben, am Anfange des eigentlichen Kalbensteines, vor uns. —

Dass an den grossen Halden bei Station Erlabrunn und bei Thüngersheim das Erdmaterial Gehängeschutt ist, geht mit zwingender Sicherheit aus der Ansicht z. B. der Taf. VI Fig. 4 hervor, wo ja ohne weiteres sichtbar ist, dass die Schaumkalkbänke mit fremdem Erdreich mehr oder weniger zugeschüttet sind. Unter diesem Verhältnis versteht sich von selbst, dass hier und anderwärts diese Schuttmassen nicht einen bestimmten geologischen Niveau anzugehören brauchen, wenn auch ihre Lage unter und über dem Schaumkalk ganz besonders begünstigt ist. In kleinerem Format können solche Halden fast in jeder Höhe liegen (Zusatz 1).

Das Material dieser grossen Halden ist demnach als eine unkontrollierbare Mischung von Verwitterungsprodukten der verschiedensten höher liegenden Schichten des Muschelkalks anzusehen (Zusatz 2). Die chemische Analyse spricht für die Richtigkeit dieser Ansicht (vgl. weiter unten).

Aber auch die zweite Art Halden, die Sesleriasitze am Maingestell und Falkengraben und am Krainberg bestehen nicht etwa bloss Verwittterungsprodukte ihres Untergrundes, sondern auch dort ist von der dünnen Decke des Plateaus Material herabgelangt, und also „Gehängeschutt" vorhanden:

Das Plateau ist auf dem Kalbenstein mit einer dünnen Lösdecke versehen. Dieser Löss ist durch Auslaugen so kalkarm ge-

Digitized by Google

worden, dass er stellenweise geradezu kalkfrei genannt werden kann; seine Farbe ist daher auch fast kaffeebraun. Schon die Farbe der Gehänge unter dem Plateau zeigt, dass auf sie von dem Löss herabgeschwemmt wird. Noch deutlicher die chemische Analyse.

Auf dem Maingestellplateau, besonders um den „Graben" herum liegen die über dem Schaumkalk vorkommenden Mergel bloss und ihr Verwitterungsprodukt bildet eine fast lehmgelbe feine Erde.

Aber es liegen dort, zumal in kleinen Senkungen, auch Blöcke von Zellendolomit herum, und um sie ist der Boden auf Strecken von so charakteristisch brauner Färbung, dass man denselben unwillkürlich für ein Produkt aus dem Zellendolomit zu halten geneigt wird. Sicher ist, dass auch dieser Boden sehr kalkarm und am Plateaurand dem Mutterboden in verschiedenem Grade zugemischt ist. Färbung und chemische Analyse sprechen auch hier gleichmässig dafür.

Nach allem, was ich im vorstehenden über die Entstehung des Sesleria-Bodens angedeutet habe, wird man von vornherein annehmen, dass derselbe sicher mehr oder weniger kalkreich ist; dass er aber, da er keine einheitliche Entstehung hat, sehr wechselnder Zusammensetzung sein kann.

Karbonatbestimmungen des Haldenbodens vom Ravensberg bis an den Krainberg bei Gambach.

	%
1. Halde am Ravensberg	52,32
2. Tüngersheimer Halde (linke auf Taf. VI Fig. 3)	55,45
dieselbe an einer andere Stelle	44,77
3. Am Maingestell gegen den Falkengraben	50,46
an einer anderen Stelle daselbst	40,8
an einer dritten „ „	38,1
4. Am Maingestell gegen den Brachgraben	43,19
5. Maingestell am Steilweg	48,86
6. In einer Senkung zwischen den beiden Absätzen des Maingestells mit Zellendolomitblöcken	22,96
an einer naheliegenden andern Stelle	25,56
7. Unter dem Rosenholz	17,04
8. Am Südhang des Krainbergs	50,57
9. Am Dolomitbruch des Krainbergs (Nordwest)	40,91
An einer 2. Stelle	55,91
An einer 3. Stelle	61,37

Digitized by Google

Der Boden der grossen Schutthalden am Ravensberg und bei Thüngersheim-Retzbach besteht, wie man aus der Analysentabelle sieht, mehr als zur Hälfte aus Kalkkarbonat (N. 1 und 2).

Wo die Sesleria im verwitterten Wellenkalk selbst wächst, wie N. 3, 4, 5, 8, 9, ist der Kalkgehalt eher noch höher;

Wo aber Zumischungen, sei es von Löss, verwittertem Mergelschiefer, Zellendolomit usw. stattgefunden, sinkt der Kalkgehalt auf etliche 20 %, ja sogar unter 20 % herab.

Die Entstehung eines kalkärmeren Bodens auf der Berglehne durch Zumischung von Material von der Höhe habe ich im vorhergehenden behauptet, aber noch nicht bewiesen. Ich will das jetzt durch Anführung zweier Beispiele tun.

1. Die eine Stelle, wo die Abschwemmung des Bodens von oben nachgewiesen werden kann, ist auf Taf. V Fig. 2 abgebildet. Es ist am Falkengraben, am Anfang des Kalbensteins. Dort liegt oben über, in und unter den Kiefern ein Boden, der relativ geringen Kalkgehalt hat, und braun gefärbt erscheint; auf dem Hang wird von der Kiefer abwärts der Boden heller, bis er sehr bald die bekannte allgemeine kalkgraue Farbe hat. Oben am Kiefernrand stehen Brachypodienbestände, darauf folgen Bestände von Stipa capillata (die obere dunklere Stelle in der Figur), es folgen Seslerien und Festuca glauca (helle Stelle des Bildes), und wiederum Stipa (die 2. dunklere Stelle). Die Entfernung des Brachypodium von der unteren Stipa beträgt keine 25 Meter.

Kalkgehalt des Bodens in %

bei Brachypodium	2,27
„ oberer Stipa	11,6
„ den Seslerien	28,41
„ Festuca glauca	29,54
„ der unteren Stipa	32,4

2. Auf dem zweiten (nördlichen) Vorsprung des Maingestells gegen den Brachgraben zu wechselt am Hang die Erde, in welcher Seslerien stehen, sehr deutlich die Farbe. Oben ist die Farbe fast lederbraun (1), 12 Schritte den Hang herab ist sie nur noch bräunlich (2) und 15 Schritte weiter abwärts fast rein kalkgrau.

Der Boden, in dem die Seslerien an diesen drei Stellen ihre Wurzeln haben, zeigt folgende Karbonatprozente:

1. 11,37
2. 32,38
2. 46,59

Digitized by Google

Es nimmt also die braune Färbung des Bodens von oben nach unten ab, der Kalkgehalt zu. Oben liegen auf dem gelbbraunen Boden Zellendolomitblöcke, deren pulveriger, gleichfarbig brauner Zelleninhalt, wie ich nachweisen konnte, fast kalkfrei, jedenfalls relativ sehr kalkarm ist. Die Erde aus den verwitterten Blöcken enthält 2,84, die Erde um die Blöcke 5,11 % Karbonat. Zweifellos wird das Verwitterungsprodukt der Blöcke durch Abschwemmen von oben nach unten geführt und dem gewachsenen Wellenkalkboden zugemischt; naturgemäss oben am meisten, unten im geringsten Masse. Die Erklärung für den ersten Fall ist offenbar dieselbe; dort handelt es sich, soweit ich beurteilen konnte, um Berglöss.

Um das Verhalten der Sesleria zum Kalk noch strikter zu fassen, stelle ich in einer 2. Analysentabelle die Resultate zusammen, die ich erhielt, als ich die Erde des Wurzelballens der Pflanze analysierte. Hier ist also der Boden geprüft, den die Pflanze direkt gebraucht:

Karbonatbestimmungen der Erde, die zwischen den Wurzeln der Sesleria genommen ist, nach % geordnet.

1.	Krainberg, Westhang, über dem Wellendolomit	65,32
2.	Maingestell gegen Falkengraben, Südwesthang,	50,57
3.	Krainberg, Gipfel	47,73
4.	Maingestell vorderer Teil	46,59
5.	„ Nordhang	38,67
6.	„ Absatz am Brachgraben	38,64
7.	Am Burgweg über Mühlbach	34,09
8.	Bei den Stipen am Falkengraben	28,41
9.	Unter dem Krainberg auf meinem Besitz	27,27
10.	Im Maingestellgraben, Südhang	20,46
11.	An der Ecke des Rosenholzes auf dem Kalbenstein	17,04
12.	Sesleria auf dem Röth am roten Berg	9,77
13.	Sesleria in Kösen unter dem Gradierhaus	34,77
14.	„ „ „ andere Stelle ebenda	13,07
15.	Seslerie am Fusse des Bäderley bei Ems	2,27

Unsere Pflanze gilt von jeher für eine echte Kalkpflanze. Schon von *Bogenhard* wird die Thüringer Sesleria als „Kalkdeuter" aufgeführt (S. 118); *Aug. Schulz* zeigt, dass die Hallische Pflanze auf Muschelkalk von über 20 % Kalkgehalt wächst (S. 35). *Petry* registriert die Pflanze im Kyffhäuser unter den Kalkpflanzen (S. 38

Digitized by Google

N. 147) auf Boden „mit ansehnlichem Kalkgehalt." — Einstimmig sprechen sich so auch die schweizer und französischen Pflanzengeographen aus: für *Contjean* ist sie calcicole exclusive ou presque exclusive = CCC (S. 125); ebenso für *Vallot* (S. 327), und für *Magnin*, im Lyonnais (S. 394); *Schröter* endlich heisst die Schweizer Sesleria „eine unserer kalkstetesten Pflanzen". Als solche bewährt sie sich, wie man sieht, denn auch bei uns. Aber aus der einen wie der andern obigen Bestimmungsliste lässt sich ersehen, dass der hohe Kalkgehalt zwar Regel ist, aber Ausnahmen zulässt. Nicht bloss zwischen 40—50—60 %, auch zwischen 10—20 % schwankenden Böden bewohnt sie; die zwei Analysen, die ich von Kösener Sesleria-Böden gemacht habe, ergaben ähnliche Resultate, einen höheren und einen niedrigen Prozentsatz. —

Die oft gemachte Erfahrung, dass echte Kalkpflanzen auch auf fast kalkfreien Boden vorkommen, zeigt sich in der Analyse eines Sesleriabodens, den ich am Bäderley (Ems) gesammelt habe, wo bekanntlich (*Wigand II* S. 485 N. 1327) die Pflanze auf rheinischem Schiefer wächst. Der Boden hatte nur 2,27 % Karbonat!

Ein ähnliches, eigentümliches und seltenes Vorkommnis der Pflanze bei uns ist das auf dem Röth. Auf dem Rotenberg, oben ein paar hundert Schritte vom Wellendolomit, wächst sie auf einem grasigen, nordwärts gesenkten Abhang geschlossen und in guter Entwicklung auf Boden von 9,77 % Kalk.

Alles in allem genommen lässt sich das Verhalten der Sesleria nur verstehen, wenn man annimmt dass sie hohen Kalkgehalt nicht bedarf, sondern verträgt. Diese Fähigkeit gibt ihr mit andern Pflanzen die Möglichkeit, und vor sehr vielen den Vorzug, die Halde zu betreten. —

Unter den physikalischen Eigentümlichkeiten unseres Haldebodens wird in erster Linie derjenige zu nennen sein, welcher mit der Entstehungs- und Erhaltungsweise der Gehänge unmittelbar zusammenhängt. Eine notwendige Eigenschaft des Haldebodens ist offenbar seine Ruhelosigkeit, seine stete Beweglichkeit, seine Verschiebbarkeit und Haltlosigkeit. Durch Abstürzen von oben entstanden, ist die Erde doch nur zeitweise zur Ruhe gekommen; die Kräfte, welche sie herbeigeführt, suchen sie auch weiter zu befördern. — Die Wirkungen jedes Regens lassen sich an der Bildung neuer oder verlegter kleiner Rinnen und Wasserläufe erkennen. Abwaschungen, Entblössungen, Verschüttungen durch rollende oder geschwemmte Erde, Verschiebungen des Körpers durch Druck sind fortwährende

Digitized by Google

Ereignisse im Leben einer Sesleria. Wir werden erwarten dürfen, Einrichtungen im Bau unserer Pflanze zu finden, die diesen Vorkommnissen Rechnung tragen.

Wer die natürliche Beschaffenheit des Wellenkalkbodens, dieses dysgeogenen Materials par excellence, kennt, wie derselbe bei der Verwitterung nur äusserst geringe Mengen Feinerde, fast lauter grobes Skelett liefert und nach der ganzen Art seines Vorkommens wenig befähigt ist liegen zu bleiben und dickere Schichten einer Erdkrume zu bilden, der wird ohne weiteres als eine andere Eigentümlichkeit und bedeutungsvolle Eigenschaft des Gehängeschutts ansehen, dass er in unserm Gelände einen feinerde-reicheren und tiefgründigen Boden herstellt. — Und diese letzte Eigenschaft scheint mir bestimmend, dass gerade Sesleria die Halde so gern besetzt. Eine Pflanze, deren Eigenheit es ist, im Hochsommer alle neuen Sprosse und Sprossteile durch eine rasch in die Tiefe gehende Triebwurzel zu verankern, kann nur auf solchem Boden gedeihen oder Herrschaft gewinnen. Sobald der Schutt über dem natürlichen Felsboden dünner wird, können andere Gräser in Konkurrenz treten. Ganz deutlich zeigt sich das im Verhalten gegen Festuca glauca, wie besonders schön am Falkengraben zu sehen ist (Taf. V Fig. 2). Da, wo dieser etwa NE-SW laufende Graben umbiegt gegen den Felssturz, schwindet der Gehängeschutt nach und nach, und tritt der nackte Wellenkalkfels hervor — und in dem Masse als das stattfindet, mischen sich zwischen die Sesleriabestände die Büsche von Festuca glauca, nehmen nach links immer mehr zu und bilden schliesslich reine Bestände, von denen Sesleria ausgeschlossen ist.

Diese Beziehung der beiden Pflanzen zum Boden scheint mir über allen Zweifel klar.

Dagegen weiss ich keine Erklärung dafür, warum manche Stellen, die scheinbar den besten Sesleriaboden darstellen, nicht von dieser Pflanze besiedelt sind, sondern von Melica ciliata besetzt werden. So manche Halden am Maingestellgraben (Neubergseite) und an der Benediktushöhe. Im allgemeinen hatte ich den Eindruck, dass dies weniger bewegliche Böden seien.

Gerade so wenig auch will das unvermittelte Auftreten von Stipa-Beständen mitten in grossen Sesleria-Halden verständlich erscheinen. —

Von einem wilden, nicht von der Bearbeitung durchwirkten und gleichmässig gemachten Boden Bestimmungen über den Gehalt an Skelett und Feinerde zu machen, ist vergebliche Mühe, da

Digitized by Google

dieser Gehalt von Fuss zu Fuss in den extremsten Sprüngen wechselt. Eher würde es angehen, die aus den Sesleria-Wurzeln ausgeschüttelte Erde zu untersuchen. Doch habe ich auch bei einer Anzahl solcher Versuche keine zur Fortsetzung ermunternde Resultate erhalten können. Die Tatsache, dass von den Wellenkalkgräsern Festuca glauca gewöhnlich den skelettreichsten, Stipa den skelettärmsten und an Feinerde reichsten Boden hat, Sesleriaboden zwischen beiden steht, lässt sich am Standort eigentlich schon mit dem Auge abschätzen. Doch mag bemerkt werden, dass ich bei Stipa 63,4, bei Sesleria 47,6 und bei glauca 23,0% Feinerde (2 mm-Sieb) bestimmt habe. —

Die im vorstehenden geschilderten grossen Sesleriasitze befinden sich samt und sonders auf der rechten Mainseite und sind gegen Südwest geneigt. Das ist die bevorzugte Exposition[1]), aber keineswegs die alleinige. Es kommen ja auch auf der linken Mainseite recht ansehnliche Sesleriabestände vor, so am Volkenberg, bei Laudenbach und Mühlbach, wie am Schlossberg Karlstadt gegenüber, und hier ist Ost, Nord- und Süd-Ost die gewöhnliche Neigung. Im kleinen kommen auch auf der rechten Seite des Flusses alle möglichen Wendungen der Lehnen vor, ohne dass man ein minder gutes Gedeihen der Bestände wahrnehmen könnte. So am Krainberg, ganz besonders aber am Maingestell und Maingestellgraben, wie endlich am Neuberg und Saupürzel. An keinem dieser Orte lässt sich die Pflanze abhalten, wenn die Bedingungen gleich bleiben aus der SW-lage in S, oder O und N überzugehen.

Der Böschungswinkel der Halden sind von mir an zahlreichen photographischen Aufnahmen, die allerdings nicht zu diesem Zwecke gemacht wurden, gemessen worden.

1. Die zwei grossen schönen Sesleriahalden bei Thüngersheim haben in ihrem oberen Teil 40—50°; die Felslehnen gegen Retzbach ebenso. Auch unter der Ruine Karlsburg finde ich ca. 50°.

2. Am Maingestell fand ich Böschungen von 20 und 25°, aber auch von 40°;

3. Vom Maingestell gegen den Falkengraben waren Böschungen von 22 und 38, am Falkengraben selbst von 15—18° zu messen.

4. Über dem Felssturz und in dessen Nähe am Kalbenstein fanden sich Winkel von 30—35—40°.

Natürlich sind diese Angaben nur für ganz bestimmte Punkte genau richtig, haben aber als Grenzweite ihre Berechtigung.

[1]) Auch am Kalmut steht Sesleria hauptsächlich, wenn auch nicht ausschliesslich so.

Digitized by Google

Auch stimmen dieselben sehr wohl mit einer Angabe für Thüringer Wellenkalkhalden, die *Schleicher* macht.

Derselbe bestimmte an den Gehängen der Sonnenberge bei Jena mit der Geologenboussole den Neigungswinkel zu 38 und 39° a. a. O. S. 3. —

Diese Südwesthänge sind der heisseste Boden des ganzen Maintals, das zeigt jeden Winter wiederholte Male das Wegschmelzen der leichten Schneedecken an Sonnentagen und die Unterschiede in der Erwärmung treten bis ins kleinste Detail abgestuft nach der Verschiedenheit der Neigung hervor. Unentgeltlich stellt die Sonne da den fränkischen Weinbauern ein öffentliches Zeugnis über die Güte ihres Besitzes aus.

Dass der Boden, besonders der trockene Boden am Hang, wenn die Sonne darauf fällt, eine höhere Temperatur hat als die Luft und als das Plateau oder der obere Boden überhaupt, ist allgemein bekannt und braucht nicht bewiesen zu werden; natürlich ist die Differenz nach Ort und Jahreszeit verschieden gross. Sie kann aber schon zu Zeiten, wo man es kaum vermutet, überraschend gross sein.

Ein Beispiel statt vieler mag das zeigen. Am Hang des Krainbergs fand ich 1904 auf besonntem offenen Boden, 2 cm unter der Oberfläche

Datum	Stunde	Luft t°	Plateau t°	Hang t°
24. März	1^{50}	8	9	13,5
28. März	2^{30}	19,6	21,0	31,1
			6 cm tief	21
	4^{15}			26
5. Mai 1906	11^{00}	19,5	24,0	32,0

Es ist begreiflich, dass auch Ausnahmen stattfinden können. So ist es z. B. natürlich, dass das Plateau etwas höher temperiert sein kann, wenn bei feuchtem Wetter der Südwesthang von Südwestwind getroffen wird. Beispiel: 25. Mai Krainberg. 11^{20}

Luft t°	Plateau t°	Hang, 10 Schritte unter dem Plateau
16,7	22,0	19,0

Von Bedeutung im Leben unserer Pflanze darf es gehalten werden, dass auf diese Weise schon sehr früh im Jahr, zur Zeit der Blütenentwicklung, örtlich sehr ansehnliche Temperaturen herrschen.

Digitized by Google

Man begreift durch diese Tatsache erst, dass unsere Pflanze sehr früh im Jahr zu blühen vermag. Denn nach den Temperaturaufzeichnungen, wie sie bei phänologischen Beobachtungen gewöhnlich gemacht werden, mag ja die Entwicklung beinahe wunderbar erscheinen. Ich will ein paar Beispiele aus der Blütezeit anführen:

26. März	3 Uhr	Luft t° 7,3	Haldenerde neben	Ähren entwickelnder Sesleria	21°
2. April	4^{20}	15,0	„ „	blühender Sesleria	22,5°
13. April	11^{30}	20	„ „ „	„	36°

Mit einem Worte: Sesleria geniesst zur Zeit seiner Blattentwicklung und des Blühens vielfach rein optimale Temperaturen.

Dass im Hochsommer auf sonnigen Felslehnen ungewöhnlich hohe Bodentemperaturen herrschen, haben schon frühere Beobachter bemerkt. Von *Askenasys* bekannten ersten allgemeinen Angaben abgesehen, fand *Altenkirch* an der Bosel im Mai und Juli in den Mittags- und Nachmittagsstunden 2—3 cm tief im Geröll gewöhnlich einige 40° selbst über 48° (S. 6 u. 7). Die Angaben von *Schleichert* sind für uns noch interessanter, weil sie sich auf den Jenenser Wellenkalk beziehen. Er fand an einem heissen Augusttag um 3 Uhr Lt° 29; Bodenoberfläche 39—40,5° in 5 cm Tiefe 32,5—33°.

Für den Sesleriaboden im fränkischen Wellenkalk habe ich zu verschiedenen Jahren im Sommer ähnliche, hohe Temperaturen festgestellt:

Jahr	Datum	Tageszeit	Luft t°	Bodenoberfläche t°	Ort
1902	29. Juli	2^{45}	31	42,5	Steigbild
1903	29. Mai	11^{00}	26	32	Maingestellgraben
	„	11^{30}	„	42	Kalbenstein, Felssturz
	31. Mai	11^{45}	26	35	Neuberg
	1. Juli	3^{45}	26	44	in 5 cm Tiefe 35°

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass unsere Pflanze auch in den Sommermonaten sehr hohe Temperaturen findet, also die ganze Vegetationszeit von Frühling bis zum Herbst ein ungewöhnlich warmes Klima und sehr häufig optimale Vegetationsbedingungen hat. Andererseits allerdings sehen wir auch Temperaturen eintreten, die nahe an die Schädigungsgrenze heranreichen; und wir werden erwarten dürfen, bei den Pflanzen Einrichtungen zu finden, welche ihnen Schutz bieten nicht bloss gegen zu hohe Wärmegrade, sondern auch gegen die Konsequenzen so hoher Bodentemperaturen — ungewöhnliche Trocknis.

Digitized by Google

II. Sesleria varia v. Wettst.

Sesleria (Zusatz 3) besiedelt die Halde nur in offenen Beständen. Auf einem □ Meter Haldeboden stehen 1—2, auch 3—4, selten mehr, je nachdem faust- bis kopfgrosse Büsche — Horste nennt sie *Schröter*, in Thüringen werden sie nach *Schleichert* Bulten genannt. Nur im Wald (Rosenholz, Krainberg) oder ganz schattigen Stellen schliessen die Büsche etwas zusammen. Sonst aber ist der grösssere Teil des Bodens nackt, Sonne und Wind ausgesetzt, und das ist wesentlich die Ursache zweier seiner Haupteigenschaften, seiner Trockenheit und seiner starken Erhitzung. Ganz rein von andern Pflanzen sind die Sesleria-Bestände natürlich nicht; auf dem nackten Boden sind unscheinbar und wiederum niemals völlig deckend auch andere Stauden, zeitweise auch Annuelle vorhanden. Labiaten, die Helianthema, Libanotis und Cervaria usw. teilen manchmal sogar gleichwertig den Boden. Ein Paar konkrete Fälle der Besiedelung der Halde habe ich hinten zusammengestellt (Zusatz 4).

Jeder Busch besteht zum wenigsten aus einem Dutzend, gewöhnlich aus vielmal mehr handlangen, bogenförmig gekrümmten, regelmässig nach einer Richtung ineinander gelegten Halmen; die dickbescheidet nur an der Spitze den Blattschopf tragen. Diese Halme können alle noch zusammenhängend und sich als Äste eines einzigen Stockes erweisen, sehr oft sind die Äste teilweise abgelöst, liegen aber ihrer Entstehung in den Scheiden gemäss noch parallel nebeneinander und dicht aufeinander gepackt. Eine eigentümliche Erscheinung ist, dass alle Halmäste ihre Spitzen gegen den Fuss des Hanges richten, also bergabwärts gewandt sind. Die Konkavität der Halme ist der Berglehne zugewendet. Die Pflanze wächst also tatsächlich den Berg hinab. Und diese Einrichtung erscheint ohne weiteres überaus zweckmässig, wenn man bedenkt, dass auf diese Weise der Rücken der Pflanze das nachstürzende Gesteinsmaterial oder abwärtsgeschwemmte Erde auffängt, und auf diese Weise die älteren Rhizomteile, die Enden der Pflanze, wie man sich leicht überzeugen kann, stets zugedeckt werden.

Bei der intravaginalen Verzweigung der Pflanze kommen die neuen Triebe am Boden oder seitlich vom Mittetrieb zu liegen, so dass in einem Büschel die untersten die jüngsten sind. Auch diese Erscheinung ist, wie man sieht, als Schutzeinrichtung sehr zweckmässig.

Digitized by Google

Das Rhizom liegt gewöhnlich auf 5—10 cm (3—6 Internodien) im Boden horizontal und ist von den alten verwitternden und erdfarbenen Blattscheiden umhüllt, so dass es federkieldick erscheint, während es eigentlich drahtdünn ist. Der etwas kürzere obere und jüngste Teil steigt auf und trägt den beblätterten lebendigen Gipfel. Hier sind eine Anzahl unterer Scheiden noch strohgelb und unverwittert, und tragen oben mehr oder minder erhaltene Stücke abgestorbener Spreiten; zuoberst stehen gewöhnlich, zweizeilig angeordnet, 2—4 lebende Blätter mit 12—15 cm langen Spreiten. Die in der Mitte gekielten Spreiten und Scheiden stehen rechts und links, so dass der Spross nicht stielrund sondern flach erscheint, die Flachseite nach oben und unten gekehrt.

An jedem Knoten durchbrechen bis zu ein halb Dutzend fadenförmige mehrere Dezimeter lange Wurzeln die Scheiden und gehen senkrecht in die Tiefe; oberwärts meist völlig glatt, erst unten mit zahlreichen Saugwurzeln besetzt, Diese Einrichtung erlaubt oben eine gewisse Verschiebbarkeit des ganzen Körpers, wenn durch Erde und Geröll ein Druck auf den Busch ausgeübt wird. Jedes Jahr im Hochsommer, werden wenn die neuen Triebe fertig sind, an denselben junge Triebwurzeln angelegt, die alsbald glatt d. h. ohne Haare und dick verschleimt in die Tiefe steigen und für die Verankerung zunächst, später für die Aufholung von Wasser etc. aus der Tiefe von spezieller Bedeutung sind.

Die Blütenstände haben bei uns 40 auch 50 cm hohe Träger; der Spross, der sie entwickelt, stirbt ab.

Zur Anatomie und Physiologie der Sesleria.

Das fadendünne doch überaus feste Rhizom hat eine einfache Epidermis und eine aus etwa ½ Dutzend dünnwandigen Parenchymzellen gebildete Rinde, ohne geformte Inhalte. Der ganze Zentralzylinder ist aus dickwandigen verholzten Geweben gebildet, die Siebelemente ausgenommen.

Der Blütenhalm, der nach dem Typus des Blattes gebaut ist, enthält gleichfalls keine Spur Stärke.

Der anatomisch interessanteste Teil der Pflanze ist zweifellos das Blatt. Der Bau desselben ist schon wiederholt abgebildet worden. So zuerst von *Duval-Jouve* pl. 17 Fig. 2 — Querschnitt einer Blatthälfte. *Kerner* (I. S. 315) gibt Ansichten des geschlossenen und offenen Blattes von Sesleria tenuifolia im Querschnitt.

Digitized by Google

Die Anordnung der Gelenkzellen beiderseits vom Mittelnerv hat *Tschirch* (Taf. XVII. Fig. 13) dargestellt.

Anatomische Bemerkungen auch bei *Schleichert* (S. 9—10) und jüngst im Bot. Centralbl. 1906 S. 609.

Das Blatt hat bekanntlich einen auf der Unterseite vorspringenden Mittelnerv, der weisslich wie die Ränder und wie diese durch einen starken Sklerenchymbelag charakterisiert ist. Oberseits läuft demselben parallel rechts und links je eine Rinne, in welcher die wasserklaren grossen lebendigen Gelenkzellen liegen, welche die periodische Faltung des Blattes nach oben vermitteln. In dem mehr radiär als bifazial gebauten Chlorophyllparenchym sind über den Nerven starke Sklerenchymlagen. Spaltöffnungen bloss oberseits und in Reihen. Die kleinen Zellen der oberseitigen Epidermis gehen zum grossen Teil in schief liegende Spitzchen haarartig aus und verursachen die Schärfe der Blattoberseite.

Die täglich-periodische Faltung des Sesleria-Blattes: dass es von abends bis morgens flach ausgebreitet, den Tag über mit zusammengelegten Blatthälften da oben steht, das hat *Kerner* (I, 314—315) in Wort und Bild hübsch dargestellt,

Wenn ich morgens am Maingestell durch hunderte von Sesleriabüschen emporstieg, waren die Blätter ausgebreitet, und beim Abstieg ins Maintal am sonnigen Mittag beim Krainberg gefaltet. — Wer öfter an den grossen Halden zu verschiedener Zeit vorüberfährt, dem kann es nicht entgehen, dass der ihnen eigene blaugrüne Schein wechselt: im Vorsommer, wo die Blätter am vollständigsten entwickelt sind sieht die Halde in den Morgenstunden viel grüner aus, als am sonnigen Nachmittag. Neben anderem rührt das gewiss zum Teil davon her, dass morgens die Blätter flach und in der Mittagssonne gefaltet sind; dadurch wird ihre grüne Farbe auf die Hälfte reduziert.

Für die Funktion der Blattscheiden als Schutz- oder wassersammelnde Organe mögen die zahlreichen mit faserähnlichen Haaren ausgekleideten Längsrinnen nicht bedeutungslos sein.

Physiologisch interessant bezw. biologisch wertvoll ist die Saccharophilie der Laubblätter; ich habe bei Sesleria nie Stärke in dem Chlorophyllparenchym gefunden. Nur in den jungen Blütenteilen fand sich kleinkörnige Stärke massenhaft.

Von den anatomischen Eigenschaften der Sesleria-Wurzel ist die überaus mächtige Schleimschicht auf dem haarlosen Epithel von besonderer Interesse. Das Vorkommen solcher Schleimschichten, insbesondere bei Gräsern, war schon *W. Hofmeister* bekannt. Der geniale

Digitized by Google

Mann schrieb der aufquellenden Aussenschicht der Epidermis die Rolle zu, „das obere Ende der Wurzelhaube abzulösen". Man wird aber nicht fehl gehen, wenn man in dieser Schleimhülle auch ein Mittel sieht, das Gleiten der Triebwurzeln in die Tiefe zu erleichtern. — Das Vorhandensein dieser Schleimschichten ist natürlich auch späteren Untersuchern (z. B. *Klinge*) nicht entgangen.

Übrigens wird eine vergleichende Untersuchung über den Wurzelbau bei unseren Wellenkalkgräsern in Bälde von Herrn Dr. *Contzen* publiziert werden.

Phänologisches. Die Ähren kommen gewöhnlich anfangs März fast tintenschwarz aus den Blättern, haben nach 8 Tagen fingerlange steife Halme; dann sehen die Sesleriabüschel wie mit schwarzköpfigen Nadeln gespickt aus. Gewöhnlich dauert es noch wenigstens 14 Tage, bis die prächtig stahlblaugewordenen Ähren ihre crèmefarbenen Staubbeutel entfalten. Das ist die schönste Zeit der Sesleriahalde.

Genauere Einzeldaten z. B.

	Ähren treten aus den Blättern	Blütenstände fingerlang	Staubfäden frei
1903	27. Febr.	7. März	21. März
1904	12. März	19. März	12. April
1905	12. März	17. März	11. April
1906	21. März	7. April	13. April

Welche Temperaturen um diese Zeit unsere Pflanze geniesst, haben wir bereits oben gesehen.

Ökologisches. Dass Sesleria ausgesprochen xerophytische Eigenschaften besitzt, die sie befähigen trockne und sonnige Orte zu bewohnen, ist schon mehrmal von Andern gelegentlich bemerkt worden; so von *Kerner*, *Gradmann* und insbesondere von *Schröter*.

Hier soll nicht sowohl vom Xerophytismus unserer Pflanze im allgemeinen die Rede sein, wir wollen vielmehr diejenigen Eigentümlichkeiten, soweit es möglich ist, aufsuchen, durch welche die Pflanze speziell für die Halde angepasst erscheint, welche sie in so auffallendem Grade bewohnt.

Es wäre vergebliche Mühe, nach den chemischen Eigenschaften des Körpers unserer Pflanze auszuschauen, welche sie befähigen, den hohen Kalkgehalt der Halde zu beherrschen. So gewiss es ist, dass es solche geben muss, so wenig haben wir darüber auch nur die geringste Vermutung.

Digitized by Google

Dagegen lassen sich verschiedene ihrer anatomischen und morphologischen Eigentümlichkeiten leicht in Beziehung setzen zu den physikalischen Eigenschaften des Standorts. Was den Haldenboden besonders charakterisiert, ist, wie wir fanden:

1. seine Beweglichkeit,
2. seine Tiefgründigkeit, besonders der Felslehne gegenüber;
3. seine natürlich geringe Wasserkapazität, welche im Zusammenmit der freien Besonnung und Exposition gegen den herrschenden Wind eine überaus grosse Trockenheit hervorbringt;
4. besonders auch seine durch den Neigungswinkel und Südwest-Expposition verursachte hohe Temperatur; welch' letztere wiederum die untersten Luftschichten ungewönlich erhitzt.

Wie wir gesehen haben verankert unsere Pflanze alle jungen Triebe schon im Hochsommer durch eine glatte, haarlose dagegen mit einer dicken Schleimscheide versehene Triebwurzel, die im Laufe des Herbstes in ansehnliche Tiefe geht und dort erst (im nächsten Jahr) mit zahlreichen Nährwurzeln versehen wird. Dies Verhalten der Wurzel bringt sie in Verbindung mit der wasserreicheren und festliegenden Tiefe, oben verbleibt ihr eine gewisse Verschiebbarkeit.

Dass der Wurzelbau der Sesleria in dieser Richtung gedeutet werden darf, fällt erst recht in die Augen, wenn man den Bau anderer Gräser, z. B. von Festuca glauca zum Vergleiche heranzieht. Letztere Pflanze ist so recht für die Ausnutzung der Felsritzen ausgebildet.

Das Zusammenlegen der Halme zu dichten Büscheln, das Ausbilden einer dicken Tunica, die intravaginale Verzweigung sind ebenso viele Einrichtungen gegen zu starke Trocknis und zu hohe Temperatur; die erstgenannten Verhältnisse können offenbar auch der Wassersammlung dienen. Auch hier wird durch den Vergleich mit Melica, Festuca glauca, bes. aber z. B. Brachypodium die Sache erst prägnant.

Auf die Verdunstungshemmungen an den Blättern hat bereits *Schröter* hingewiesen und 4 derselben hervorgehoben: Dass durch Faltung des Blattes in der Sonne die Blattfläche auf die Hälfte reduziert und bei dieser Faltung und Rinnenbildung ein windstiller Ort gebildet wird, in welchen die Spaltöffnungen zu liegen kommen, während die Aussenseite des Blattes spaltenlos und stark kutikularisiert ist.

Digitized by Google

Ich möchte aber zum Schluss auch noch auf die Saccharophyllie unserer Pflanze hinweisen. Sesleria bildet, wie wir gesehen, bei der täglichen Assimilation nicht Stärke, sondern ein leicht lösliches Kohlehydrat. Indem auf diese Weise tagsüber zur Zeit der stärksten Transpiration der Zellsaft der Chlorophyllzellen immer konzentrierter wird, nimmt, wie *Stahl* (S. 559) gewiss richtig hervorgehoben, die Verdunstungsfähigkeit der Blätter ab.

Digitized by Google

Zusätze.

I. Lage der Sesleriahalden.

1. An der Nordwestseite des Krainberges liegen Sesleria-Halden im Wellendolomit;
2. an der Südwestseite des Krainberges gegen den Kalbenstein liegen die Seslerienbestände im eigentlichen Wellenkalk unter den Schaumkalkbänken;
3. zwischen den Schaumkalkbänken am Felssturz des Kalbensteins;
4. über den Schaumkalkbänken, in den Mergelschiefern, am Maingestell und Maingestellgraben.

Kleinere Wohnsitze.

Es mag doch nebenbei gesagt sein, dass natürlich neben diesem Hauptsitze der Sesleria auf der Halde, unsere Pflanze auch passende Orte geringerer Ausdehnung für sich in Anspruch nimmt. So geht sie gern auf die mit Feinboden bedeckten Simse härterer Bänke in verschiedenen Niveaus des Wellenkalks. Sie liebt auch den Schieferton. In diesen Fällen stellen die Bestände bandartige Streifen dar. — Auf dem richtigen Plateau, wohin sie gelegentlich gerät (Volkenberg, Neuberg), verzwergt sie unfehlbar, und wird samt dem Blütenstand nur fingerlang. Auch diese Verzwergung (vgl. Heft VI, Über den Nanismus S. 14 und 15) hat mit Tierfrass nichts zu tun. Auf der Halde, wo, bei uns wie in der Schweiz (*Schröter* S. 269), die Schafe weiden, wird sie gerne gefressen und verzwergt nie.

2. Einiges über Schuttbildung.

Die rechte Jahreszeit für das Sprengen des Gesteins und langsame aber rastlose Verfrachtung von den Höhen zu Tal ist bei uns

Digitized by Google

der Winter. Im Frühling liegen überall am Fuss der Steil-Hänge vom Kalbenstein bis an den Ravensberg vor den Furchen und Rinnen der Felsmauern neugebildete Schuttkegel, Erde und Schotter, gewöhnlich fuhrenweise.

In erster Linie ist es der winterliche Frost, welcher Gestein und Erde lockert und für das Wegführen vorbereitet: wenn der zwischen den Stauden gelegene feuchte nackte Boden bei scharfem Froste gefriert, auf dem Plateau, an den Kanten desselben und am Hang, da heben kleine (1—3 cm hohe) Eissäulen die allerobersten Erdkrusten in die Höhe, man geht auf diesem gefrorenen Boden wie auf einem dicken weichen Teppich, so sinkt der Fuss ein. Trocknet dann der Boden von Wind und Wärme, dann sinkt er nicht fest zusammen, sondern bleibt locker, wie geeggt, mit einer Hacke oder Vogelkrallen gelockert. Damit ist er für den Transport durch Wind und Wetter vorbereitet.

Am beweglichsten ist natürlich der Boden an den Felslehnen, die im eigentlichen Wellenkalk liegen; wie es beispielsweise am Krainberghang gegen den Kalbenstein der Fall ist. Wenn man an einem sonnigen Nachmittag, nach vorangegangener scharfer Frostnacht unter einer solchen bröckeligen Lehne steht, hört man ein fortwährend Knistern und Rieseln von unsichtbar sich lösenden Erdbröckchen und kleinen Steinchen; aber auch nuss- und faustgrosse Stücke gehen lautrollend und springend in die Tiefe, am Fuss der Lehne die Sesleriabüsche auf dem Rücken mit Schutt bedeckend.

Nicht minder auch an den Ravensberger und Thüngersheimer grossen Halden kann man neue ansehnliche Abrutschnngen des Schuttes immer wieder sehen.

In Massen werden natürlich die gelockerten Gesteinsmassen durch Regengüsse und Schneewasser zu Tal gebracht; gewöhnlich nach und nach, aber stetig durch die kleinen Niederschläge. Wolkenbruchartige Gewitterregen, wie einer z. B. am 1. September 1904 nach Mittag niederfiel, reissen in einer Stunde tausende von Zentnern Schutt ab und ins Tal.

3. Verbreitung der Pflanze.

Unsere Pflanze ist nach Standort und Merkmalen die Rasse calcaria Cel. oder varia v. Wettst. (*Ascherson-Gräbner* S. 308), die var. ochroleuca Bogenh. (S. 388) mit gelblich-weissen Ähren wird wohl auch hier zu finden sein; gesehen habe ich sie nicht.

Digitized by Google

Die Verbreitung der Pflanze ist z. B. bei *Drude* S. 177 zu finden. Mitteleuropäisch, „von Spanien bis Skandinavien und Mittelrussland." „Innerhalb dieses weiten Areals für Deutschland bis auf die ostpreussischen Standorte scharfe Nordgrenze auf dem hercynischen Kalkschotterboden." Nicht in Sachsen und Schlesien. — Für Halle kartographisch bei *A. Schulz*.

Das Areal unserer Pflanze in Unterfranken ist noch nicht genauer bestimmt. Zweifellos hat sie aber ihre Hauptverbreitung hier nördlich von Würzburg bis an den roten Berg bei Gambach. Auch hält sie sich hier ganz in der Region des Wellenkalks; ist aber, da sie ja auf Gehängeschutt steht, selbstverständlich nicht geologisch an diesen gebunden. Genau wie hier steht sie am Kalmut. Auf dem Kissinger und Münnerstadter Wellenkalk habe ich sie nicht gesehen. Im Gebiete der fränkischen Saale wird sie schon von den Verfassern der Flora von Schweinfurt (265) als häufig bei Hammelburg angegeben. Ein merkwürdiger Stand ist nach diesen Autoren Sulzheim, wo sie „sparsam" auf Keuper steht. Von den sehr zahlreichen Thüringer Standorten (vgl. *Bogenhard* und *Schönheit*) kenne ich die von Jena bis Kösen und Freiburg a/U., die ganz wie unsere im Wellenkalk liegen.

4. Begleitpflanzen der Sesleria:

1. Thüngersheimer Halde: Teucrium montanum, T. Chamaedrys, Bupleurum, Galium glaucum, Anthemis tinctoria, Isatis, Centaurea Scabiosa, Origanum, Hippocrepis, Cyparissias, Allium, Libanotis, Pilosella — neben Rosen, Schlehen usw.
2. Halde am Maingestell: reich an Helianthemum canum und polifolium, den beiden Teucria, Potentilla verna und cinerea, Thymus Serpyllum und Cirsium acaule.
3. Dolomitische Halden am Nordwesthang des Krainberges mit einzelnen Kiefern: Helianthema, Thymus, Teucria, Carlina vulgeris, Anthericum ramosum und Liliago, Gentiana germanica, Buphthalmum, Epipactis rubiginosa, Polygala amara, Brunella grandiflora, Cervaria nebst gewöhnlicheren Pflanzen wie Pulsatilla. — Espenkrüppel. — Carex humilis.
4. Am Falkengraben ist Festuca glauca in die Sesleriabestände gemischt, und gehen die beiden Pflanzen nach entgegengesetzten Seiten in Reinbestände über. Stipa capillata ist dort in grossen Beständen in die Sesleriabestände eingesprengt, mischt sich aber nicht in sie.

Digitized by Google

Wie anders dagegen lautet die Charakteristik der Begleitpflanzen der Schweizer „Blaugrashalde"! „Die Blaugrashalde ist ein an Seltenheiten reicher Typus; zahlreiche Leguminosen und Orchideen schmücken ihn und das Edelweiss hat hier seine bevorzugten Standorte." (*Schröter* S. 267.)

Auf den steinigeren Halden kommen natürlich auch Sträucher vor. Ausser den unvermeidlichen Schlehen, Weissdorn und caninen Rosen, ganz besonders Viburnum Lantana, Berberis und Sorbus Aria, selbst Acer monspessulanum. Immer vereinzelt, aber zurzeit ihrer Blüte eine Zierde der Hänge; Sorbus Aria mit seinen schneeweissen Blattunterseiten weithin leuchtend.

Digitized by Google

Literaturverzeichnis.

Altenkirch, Gustav, Beiträge über die Verdunstungsschutzeinrichtungen in der trocknen Geröllflora Sachsens. Englers bot. Jahrbücher Bd. XVIII, 4. Heft. — Auch Separat als Dissertation 42 S. 8°. 1894.

Aschersonn und Gräbner, Synopsis der mitteleuropäischen Flora. Bd. II (1898—1902), S. 318.

Askenasy, E., Über die Temperatur, welche die Pflanzen im Sonnenlicht annehmen. Bot. Zeitung 1875, Sp. 441—444.

Bogenhard, C., Taschenbuch der Flora von Jena. 1850.

Contjean, Ch., Géographie botanique. Paris 1881.

Drude, O., Der hercynische Florenbezirk. Leipzig 1902, S. 177.

Duval-Jouve, J., Histotaxie des feuilles des Graminées. — Annal. sc. nat. 6. Sér. T. I, 1875, p. 294—371.

Kerner von Marilaun, A.. Pflanzenleben. 1. Bd., 1887, S. 314 und 315.

Magnin, Ant., La végétation de la région lyonnaise. Bâle-Lyon-Genève 1886.

Petry, Arthur, Die Vegetationsverhältnisse des Kyffhäuser Gebirges. Halle 1889.

Schleichert, F., Beiträge zur Biologie einiger Xerophyten der Muschelkalkhänge bei Jena. Sonder-Abdruck aus „Naturwiss. Wochenschrift". Berlin 1901. 18 S. 8".

Schönheit, Fr. Chr. H., Taschenbuch der Flora Thüringens 1857 (S. 513).

Schröter, C., Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1906. — Die Seslerien S. 264—271.

Schulz, Aug., Die Vegetationsverhältnisse der Umgebung von Halle. 1888.

Stahl, E., Der Sinn der Mycorhizenbildung. Eine vergleichend-biologische Studie. Mit 2 Textfiguren. — Pringsh. Jahrb. Bd. XXXIV, 1900, S. 539—668.

Tschirch, A., Beiträge zu der Anatomie und dem Einrollungsmechanismus einiger Grasblätter. — Pringsh. Jahrb. Bd. XIII, 1882, S. 544—568. Mit Tafel XVI—XVIII.

Vallot, J., Recherches physico-chimiques sur la terre végétale. Paris 1883.

Wigand, A., Flora von Hessen und Nassau. II. Teil von Meigen herausg. Marburg 1891.

Digitized by Google

Zu den Tafeln.

Die Ausführung meiner photographischen Aufnahmen im Spitzerverfahren ermöglicht es, auf der Halde, wie ganz besonders Figur 2 zeigt, die einzelnen Sesleriabüsche zu erkennen; auch auf den Figuren 3 und 4 ist es zum Teil der Fall. Zu gute kommt den Bildern freilich, dass die Aufnahme bei leichter Schneedecke gemacht worden ist; sonst wäre die Sichtbarkeit gewiss eine viel geringere.

Fig. 1 zeigt das Aussehen der Sesleria in der Nähe.

Fig. 2 gibt die Sesleriahalde am Falkengraben, am Beginn des Kalbensteins. Die auf der Höhe stehenden Kiefern sind von reinen Brachypodium (pinnatum)-Beständen umsäumt, die zwei dunkleren Gürtel unter den Kiefern sind reine Bestände von Stipa capillata; alles übrige ist Sesleria; gegen das linke Ende jedoch, wo die Höhe nach dem Felssturz umschlägt, mischt sich in die Sesleriен allmählich Festuca glauca und schliesslich sind dort reine Glauca-Bestände.

Fig. 3 und 4 stellen die Thüngersheimer Halden dar. Am Bild 4 sind fast alle Halden bis an die Benediktusfelsen zu sehen; die Thüngersheim zunächst liegende erste und grösste Halde fehlt hier und ist auf Bild 3 für sich dargestellt.

Digitized by Google

Digitized by Google

1

26. 9. 01.

Auf der Benedictushöhe.

2

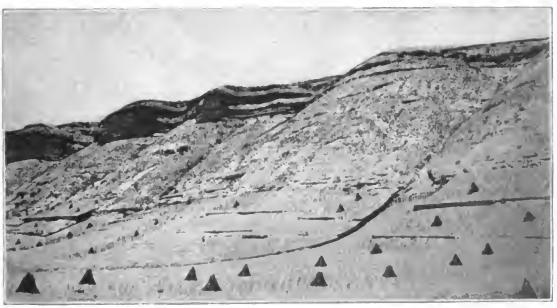
1. 1. 02.

Am Falkengraben.

Digitized by Google

3

Die grossen Halden bei Thüngersheim.



4

17. 2. 01.

Digitized by Google

Digitized by Google

Aus dem hygienisch-bakteriologischen Institut der Universität Würzburg,
Prof. Dr. *K. B. Lehmann.*

Über chronische Oxalsäurevergiftung an Hühnern und deren Beziehung zur Ätiologie der Beriberi.

Von

Dr. Adolf Treutlein,
Oberarzt im Kgl. bayer. 9. Infanterie-Regiment,
z. Z. kommandiert zum hygienischen Institut der Universität Würzburg.

Mit 2 Tafeln.

Die erste Anregung, mich dem Studium der Ätiologie der Beriberi zu widmen, war mir auf meiner tropenhygienischen Studienreise (Herbst 1904 bis Herbst 1905) durch *Robert Koch* in Deutsch-ostafrika geworden. *Koch* hatte sich vor einer Reihe von Jahren in Neu-Guinea selbst mit Blutuntersuchungen bei Beriberi befasst und die negativen Resultate dieser Untersuchungen bestehen trotz der inzwischen mächtig fortgeschrittenen Kenntnis der Blutparasiten auch heute noch zu Recht.

Meine Studien haben pathologisch-anatomisch ein so auffallendes und in allen Fällen übereinstimmendes Bild ergeben, dass ich glaube, den ersten Teil meiner Arbeit abschliessen und veröffentlichen zu dürfen. Die chemisch und mikrobiologischen hochinteressanten Fragen, die mich auch schon zum Teil intensiv beschäftigt haben, konnten, da sie noch nicht zu abschliessenden Resultaten geführt haben, diesmal vielfach nur gestreift werden. Ich behalte mir vor, darüber später zu berichten. Eine historische Vollständigkeit der Angaben aus der Beriberi-Literatur sowie eine vollständige Anfügung der Oxalsäure-Literatur habe ich nicht angestrebt, und wenn ich auch beide sorgfältig studiert habe, so habe ich dieselben doch nur mit grösster Auswahl wiedergegeben, da die Details nach den von mir angeführten Literaturangaben leicht allgemein zugänglich sind.

Digitized by Google

Der Name der Erkrankung soll aus dem Hindostan stammen und schafartig-wackeligen Gang bedeuten. In Japan heisst die Erkrankung Kakke, d. h. Fussdunst.

Die Erkrankung ist eine mehr chronisch verlaufende Degeneration der peripheren Nerven und Muskeln und des Herzens und ist mit Störungen der Motilität und Sensibilität und Kreislaufstörungen verbunden. Die Erkrankung, welche schon im 6. Jahrhundert in China beschrieben wurde, kommt vornehmlich auf den Sundainseln (Sumatra und Java), in Mittelchina und Japan und in Brasilien vor. Eingeschleppte Fälle sind auch aus Afrika bekannt.

Pathologisch hat man nach *Bälz* und *K. Miura* bei Mense (1) eine fettige Degeneration des Herzmuskels gefunden, ferner Degeneration der peripheren Nerven mit Zerfall des Achsenzylinders; die Kerne der *Schwann*schen Scheide sollen vermehrt sein. Solche Degenerationen sind in allen Extremitätennerven gefunden sowie im Nervus phrenicus und Nervus vagus. Dementsprechend zeigen die dazu gehörigen Muskelgruppen Degenerationserscheinungen. *Dürck* (2) teilte in seinem Vortrag, den er auf der Meraner Ärzte- und Naturforscherversammlung 1905 über Beriberi hielt, von seinen reichen in Sumatra gemachten Befunden einiges mit und zwar fand er im Herzen homogene hyalin aussehende Massen, welche er als degenerierte Fibrillenblätter anspricht. In den Nerven fand er ein Ausschmelzen des Nervenmarkes, eine Vakuolisierung der Markscheiden und das Auftreten einer förmlichen Waben- oder Schaumstruktur. Zu bedauern ist, dass *Dürck* weder am Herzen noch an den Nerven eine typische Fettfärbung mit Osmium oder Sudan vornahm, wodurch die Natur dieser „homogenen hyalin aussehenden" Masse in dem Herzen und der Inhalt der Vakuolen und Waben in den Nerven hätte identifiziert werden können. Meine Bitte an Herrn Professor *Dürck*, von seinen mitgebrachten Beriberiherzen und -Nerven doch nachträglich noch mit Sudan oder Osmium Färbungen herzustellen, konnte nicht zur Ausführung gelangen, da das ganze Material lange Zeit schon in Alkohol lag und nicht mehr auf Fett färbbar war. Wie mir Herr Professor *Dürk* brieflich mitteilte, hat er allerdings die „Vakuolen" oder andere grosse Zellen, offenbar Phagozyten, welche mit freigewordenem Nervenmark beladen sind", als Fettkörnchenzellen aufgefasst und dementsprechend in Meran demonstriert.

In der Frage der Ätiologie der Beriberi stehen sich 3 Anschauungen gegenüber, welche jedoch in gewisser Beziehung ineinander übergehen. Die einen nennen die Beriberi eine Infektionskrankheit,

Digitized by Google

bei der aber die Nahrung insoferne eine Rolle spielt, als die Erkrankung überwiegend bei Völkern vorkommt, welche Reis essen. Die zweite Richtung führt die Berberi auf eine mangelhafte Zusammensetzung der Nahrung zurück, indem im Reis teils zu wenig Eiweiss, teils zu wenig Fett vorhanden sein soll. Nach der dritten Auffassung soll die Beriberi eine Intoxikationskrankheit sein, indem der noch unbekannte Erreger oder Giftstoff mit der Nahrung, meist dem Reis, dem Körper einverleibt werde. Die ungezählten anderen Auffassungen der Beriberi als Anämie, als Fischvergiftung, als Kohlenoxydvergiftung und als Wurmerkrankung kann ich hier nur erwähnen. Eine im Jahre 1903 von Dr. *G. Maurer* in Sumatra aufgestellte Theorie, wonach die Beriberi eine infektiöse Intoxikation sei, soll weiter unten genauer ausgeführt werden.

Klinisch werden 4 Formen der Erkrankung unterschieden (*Bälz* und *Miura*).

1. Die leichte sensibel-motorische Form mit Beinschwäche, Taubheit des Fussrückens, Schmerz in der Wade, Herzklopfen, erst gesteigerten, dann erloschenen Sehnenreflexen.

2. Die trocken-atrophische Form mit Atrophie und Lähmung der Unterschenkel, später aller Extremitäten und zuweilen des Rumpfes.

3. Die hydropische Form, bei der sich zu der zweiten Form noch stärkere Ödeme hinzugesellen.

4. Die akut-perniziöse oder kardiale Form. Alle anderen Symptome der Beriberi treten dabei in den Hintergrund gegen die Herzerscheinungen, die Dyspnoe, Erbrechen und Pulsarythmie. Hierbei tritt der Tod oft in wenigen Tagen, ja Stunden ein.

Auf meiner Studienreise, auf der ich die Hauptherde der Beriberi im Osten aufsuchte, traf ich auf die ersten Anzeichen derselben bei der Küstenfahrt an der malayischen Halbinsel Malacca. Der Kapitän des vorwiegend mit Chinesen bemannten Küstenschiffes erzählte mir, dass er schon oft beriberikranke Chinesen auf seinem Schiffe gehabt und selbst vor etwa zehn Jahren eine schwere Attacke von Beriberi durchgemacht habe. Damals sei auch sein Schiffskoch beriberikrank gewesen. Zuweilen bekäme er auch jetzt noch Schwellungen der Füsse und Knöchel und erst starkes Jucken, dann Taubheit der Füsse, wie er es damals gehabt habe. Da er gerade wieder an einem leichten Fussödem litt, untersuchte ich u. a. mit meinem mitgeführten Mikroskop auch seinen Urin und konnte in demselben zahlreiche Oxalatkristalle in Briefkouvertform nachweisen. Ich erfuhr

Digitized by Google

noch von ihm, dass er gern und viel Reis esse und dass ihm der gekochte Reis besonders gut munde, wenn er durch mehrstündiges Stehen einen leicht säuerlichen Geschmack bekommen habe. In Kuala-Lumpur, dem klassischen Orte mehrerer grösserer Beriberiepidemien im Laufe der letzten zehn Jahre, konnte ich viele alte Fälle der Erkrankung beobachten und daselbst auch die beiden hauptsächlich in Betracht kommenden alten und neuen Gefängnisse in Augenschein nehmen. Details hierüber gedenke ich jedoch erst später im bakteriologischen Teile der Arbeit wiederzugeben. Auch auf Java sah ich eine Reihe von alten Beriberifällen und hier traf ich einen Major der holländisch-indischen Armee, der mir erzählte, dass er vor 17 Jahren in Sumatra eine sehr langwierige Beriberi durchgemacht habe und seit dieser Zeit wieder öfter Fussödeme bekomme. Da der Herr als Naturwissenschaftler mit dem Mikroskop wohl vertraut war, so hatte er herausgefunden, dass er schon damals im Urin Kristalle in typischer Briefkouvertform in grosser Anzahl hatte, welche auch jetzt sich immer wieder zahlreich einstellten, wenn er Ödem der Füsse bekomme. In ödemfreien Zeiten habe er diese Kristalle nie im Urin bemerkt. Auch er gab mir an, dass er gerne Reis esse und zwar am liebsten in der in Java allgemein üblichen Weise, dass man den gekochten Reis erst mehrere Stunden erkalten lässt und ihn dann geniesst, wenn er einen leicht säuerlichen Geschmack bekommen hat.

Ich selbst zog mir in Java eine Erkrankung zu, welche jedoch erst nach dem Verlassen der Insel den Höhepunkt erreichte und bei der ich in meinem Urin Kristalle von oxalsaurem Kalk in Briefkouvertform nachweisen konnte. Auf die Details dieser Erkrankung und der mir in diesem Falle naheliegenden Erklärung der Ätiologie derselben will ich jedoch auch erst im bakteriologischen Teile eingehen. Ich hatte weder vor dieser Erkrankung jemals Kristalle von oxalsaurem Kalk in meinem frischen Urin bemerkt, noch hatte ich später wieder welche in demselben. Als ich nach Singapore zurückgekehrt war, hörte ich von einem Schiffsarzte, dass Dr. *G. Maurer* (3) in Deli (Sumatra) im Jahre 1903 in einer holländisch veröffentlichten Arbeit die Behauptung aufgestellt habe, dass es sich bei der Beriberi um eine chronische Oxalsäurevergiftung handle, welche dadurch hervorgerufen würde, dass gewisse Arten von Schimmelpilzen mit der Nahrung in den Magendarmkanal eingeführt würden und daselbst Oxalsäure bildeten. — Ich komme unten auf diese Arbeit zurück. Einige Monate später, in Japan, konnte ich wieder viele alte Fälle

Digitized by Google

von Beriberi sehen, wobei es sich hauptsächlich um die langsamer verlaufende atrophische Form ohne Ödeme handelte. Etwa zehn Urine von solchen alten Fällen zeigten niemals Oxalatkristalle; eine chemische Untersuchung auf Oxalsäure oder oxalsauren Kalk habe ich damals leider nicht vorgenommen. In Hinblick auf die Schimmelpilztheorie des Dr. *Maurer* verschaffte ich mir durch die Liebenswürdigkeit von Professor *Jokote* in Tokio einige Agarplatten, welche ich in einem Zimmer eines alten Hospitales aufstellte, in welchem sich bei anderweitigen Erkrankungen schon häufig akzidentelle Hospitalberiberi eingestellt hatte. Mit den dort gewonnenen Schimmelpilzen gedachte ich nach Rückkehr nach Deutschland Tierexperimente auszuführen. Schliesslich soll hier noch eingefügt sein, dass ich an Ostern des Jahres 1906 im Seemannskrankenhause in Hamburg in zwei Fällen von Schiffsberiberi bei Norwegern und fünf Fällen von Beriberi bei Chinesen den zentrifugierten Urin mikroskopisch untersuchte und in den beiden noch akuten Fällen mit Ödemen (ein Norweger, ein Chinese) im zentrifugierten Urin zahlreiche Kristalle von oxalsaurem Kalk in typischer Briefkouvertform nachweisen konnte und in diesen beiden Fällen auch chemisch reichlich Oxalsäure fand, während bei drei weiteren Chinesen, bei denen die Erkrankung im Abklingen war, sich entsprechend kleinere Mengen von Oxalsäure chemisch nachweisen liessen. Einige schon völlig geheilte Fälle hatten keine Spur von Oxalsäure im Urin.

Nach Deutschland zurückgekehrt, gedachte ich mit den oben erwähnten aus Japan stammenden Schimmelpilzen gleich mit Tierexperimenten zu beginnen, wurde jedoch von meinem Chef, Herrn Professor *K. B. Lehmann*, veranlasst, diese Versuche nicht mit den Schimmelpilzen selbst zu machen, sondern dieselben mit Oxalsäure, dem vermutlich chemisch in Betracht kommenden Stoffwechselprodukt der Schimmelpilze, anzustellen. Als ich kurze Zeit darauf Dr. *Maurer* (Sumatra), von dem ich erfuhr, dass er seinen Wohnsitz nach München verlegt habe, daselbst aufsuchen wollte, hörte ich, dass derselbe gerade zur Naturforscherversammlung nach Meran gereist sei. Ich langte daselbst gerade noch eine halbe Stunde vor einem Vortrage Dr. *Maurers* über dieses Gebiet zeitig genug an, den Vortrag noch zu hören. Dr. *Maurer*, welcher seine 1903 in holländischer Sprache erschienenen Untersuchungen in der Zwischenzeit erweitert und ausgebaut hatte, teilte der Versammlung mit, dass nicht nur Schimmelpilze, sondern auch Hefen und gewisse Bakterienarten Oxalsäure zu bilden vermöchten und vertrat mit voller Bestimmtheit den Stand-

Digitized by Google

punkt: Die Beriberi ist eine chronische Oxalsäurevergiftung. Leider verlor sich der Vortragende dabei etwas in fernliegende Details über Spruw und Psilosis, wodurch der Eindruck der Mitteilung etwas beeinträchtigt wurde. Einige Wochen später, nachdem ich meine eigenen Tierexperimente in Gang gesetzt hatte, erhielt ich von Dr. *G. Maurer* das holländische Original seiner 1903 erschienenen Arbeit und entnahm demselben, dass auch er schon verschiedene Fütterungen von Hühnern mit Oxalsäure vorgenommen habe. Auch hatte er an Hühnern nachgewiesen, dass anorganische Säure, wie Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure in kleinen Dosen nicht imstande seien, Hühner ernstlich krank zu machen oder zu töten, während er durch Oxalsäure oder durch Oxalsäure bildende Schimmelarten (Penicillum und Aspergillus fumigatus), die er aus Stühlen von Beriberikranken gezüchtet hatte, bei Hühnern beriberiähnliche Erscheinungen hervorrufen konnte. Es waren dies dieselben Erscheinungen, welche schon im Jahre 1897 *Eijkmann* (4) spontan bei mit Reis gefütterten Hühnern in Weltevreden-Batavia (Java) beobachtet hatte und welche dieser als Polyneuritis gallinarum und als beriberiähnlich bezeichnete. Es handelt sich bei *Eijkmann* um Dyspnoe und Cyanose des Kammes und Lähmungen der Beine und Flügel und *Eijkmann* war nach verschiedenen Erklärungsversuchen, die er jedoch alle selbst widerlegte, zu dem Schlusse gekommen, dass die Stärke des Reises bei den Hühnern durch Mikroorganismen im Kropfe zersetzt werde und sich von hier aus ein Nahrungsgift entwickle, das sich über den ganzen Körper verbreite. Über die Natur der Mikroorganismen oder des durch sie gebildeten Giftes hat *Eijkmann* nichts mitgeteilt.

Was die Wirkung der Oxalsäure und deren Derivate anlangt, so finden sich im Lehrbuch der Intoxikationen von *Kobert* (5) uns interesierende Angaben, wobei ich mir einige Zusammenziehungen und Kürzungen erlaubte: „Es sind vielfach Vergiftungen akuter und chronischer Natur durch oxalhaltige Pflanzen beobachtet worden, wobei es sich jedoch nicht um die Wirkung der freien Oxalsäure, sondern des oxalsauren Kaliums handelt. So sind seit 1901 in England allein 72 derartige Fälle mitgeteilt worden. Die diesbezüglichen Pflanzen sind vor allem Sauerampfer und Sauerklee. In verschiedenen Flechtenarten wurden grosse Mengen von oxalsaurem Kalk gefunden teilweise bis zu 20 % der ganzen Pflanze. Auch der Rhabarber weist hohe Prozentsätze von oxalsaurem Kalk auf. Der

Digitized by Google

oxalsaure Kalk vermag jedoch keine akuten Vergiftungen zu verursachen, da er nur langsam und unvollkommen im Magendarmkanal resorbiert wird, die Salzsäure des Magens vermag es, fertige Kristalle des Kalziumoxalates zu lösen. Auch durch Rhabarber und Sauerampfer sind in den letzten Jahren eine Reihe von mehr chronisch verlaufenden Oxalsäurevergiftungen hervorgerufen worden. Die Dosis letalis der freien Säure beträgt etwa 5 gr, jedoch vermögen schon 0,6 gr dem Blut völlig den Kalkgehalt zu entziehen. Lokal findet eine Ätzwirkung statt und vor allem werden leimgebende Gewebe durch die Säure gelöst. Die entfernte Wirkung entfaltet sich durch starke Resorptionsfähigkeit des Organismus für Oxalsäure, indem diese vermutlich dem Herzen, den Muskeln und Nerven und dem Blute den Kalk entzieht oder in Kalziumoxalat überführt. Dieselben Wirkungen haben ausser der freien Säure auch die Salze der Oxalsäure und selbst das verdünnte neutrale Natriumoxalat wirkt noch toxisch. Die Kalkentziehung macht sich geltend durch Abnahme der Muskelleistung, durch Herzparalyse, sensible und motorische Nervenreizerscheinungen, später Lähmung. Die lokale Wirkung auf die Niere äussert sich durch die Verlegung der gewundenen Harnkanälchen, durch Kalziumoxalatpfröpfe. Für knochenfressende Hunde und körnerfressende Vögel wirkt Natrium oxalicum innerlich kaum giftig. Oxalsäure per os eingeführt, soll nach *Kobert*, *Koch* u. a., schwer im Körper zu Kohlensäure oder Karbonaten verbrennbar, wenn nicht völlig unverbrennbar sein. Einige andere Autoren jedoch und vor allem *Fränkel* glauben, dass die Wirkung der Oxalsäure einer sehr energischen Umwandlung oder Umsetzung im Körper zuzuschreiben sei. *Giunti* (6) hat mitgeteilt, dass die Oxalsäure von Menschen und Säugetieren oxydiert werde, von Vögeln jedoch nicht.

Die Symptome, welche beobachtet sind, bestehen bei Kühen, welche mit Rübenblättern, deren Oxalsäuregehalt etwa 100 gr pro Tag entspricht, gefüttert sind, oft in langanhaltenden Diarrhöen; Kaninchen, welche ebenfalls mit Rübenblättern und Kleie und etwa 5% freiem Oxalsäuregehalt gefüttert sind, gingen nach etwa zwei Monaten ein, die Nieren zeigten Kristalle von Kalziumoxalat, am Herzen fanden sich Auflagerungen an den Klappensegeln, die Knochen waren rachitisch verändert, indem sich an der Knorpelknochengrenze der Rippe rosenkranzartige Verdickungen und an den Extremitätenknochen weiche Auftreibungen fanden. Die chronische Oxalsäurevergiftung, welche durch andauernden Genuss oxalathaltiger vegetabilischer und animalischer Kost hervorgerufen wird, ist in jüngster

Digitized by Google

Zeit mehrfach beobachtet. Sie kann auch hervorgerufen werden durch Speisen und Getränke, welche Oxalat bildende Mikroben enthalten. Die Gefahr wird noch vermehrt, wenn zu oxalathaltigen Pflanzen noch Zitronen, Orangen oder Johannisbeeren genossen werden, da die hierin enthaltenen Fruchtsäuren den im Magen wenig, im Darmkanal gar nicht löslichen oxalsauren Kalk in Lösung überführen. Sicher gibt es Bakterien und Pilze, welche Oxalsäure bilden. *Zopf* (7) hat sieben solche Arten gefunden und *Banning* (8) hat weitere acht Arten hinzugefügt.

Kreide sowie Kalkwasser haben sich gegen die Oxalsäurevergiftung bewährt, ist jedoch die Niere verlegt, so muss wegen der Unlöslichkeit des oxalsauren Kalkes und der damit stets nachschiebenden Neuverlegung der Harnkanälchen durch Kalziumoxalpfröpfe der Kalk wegbleiben und statt dessen neutrales Magnesiumsalz gegeben werden, da Magnesiumoxalat besser löslich ist. Unter allen Umständen ist jedoch sicher, dass wir kein Mittel kennen, dessen Darreichung die Zerstörung der Oxalsäure und ihrer Salze bewirkt und unterstützt.

Soweit das *Kobert*sche Buch. Aus Spezialarbeiten, die mir im Originale zugänglich waren, möchte ich noch folgendes erwähnen.

Kobert und *Küssner* (9) behaupten, dass Oxalsäure kein Herzgift sei, vielmehr ihre Hauptwirkung auf das zentrale Nervensystem gerichtet sei. Sie hätten am Herzen trotz sorgfältigster Untersuchung niemals Kristalle von oxalsaurem Kalk gefunden, auch keine amorphen Anordnungen von solchen.

Lesser (10) konnte auf der Magen-Schleimhaut seiner Versuchstiere sowohl amorphen oxalsauren Kalk nachweisen wie Kristalle von solchen; dieselben Kristalle fand er im Darm und in den Harnkanälchen der Nieren. Nach ihm wurde dies allgemein bestätigt.

Bei *Munzer* (11) ist zu lesen, dass schon 1816 *Thomson* auf Grund von Tierversuchen als nächste Ursache des Todes die Verletzung des Herzens und des Gehirns bezeichnete, welche sympathisch durch die des Magens erfolge.

Eppstein und *Nikolaier* (12) fanden bei Untersuchungen, welche sie über die Wirkung der Oxalsäure auf die Niere machten, bei einem Hunde, der neun Tage mit 0,4 und neun Tage mit 0,8 Oxalsäure gefüttert war, einen Tag vor dem Tode taumelnden Gang und Schwäche auf den Hinterbeinen.

Kaspari (13) führt in seiner Arbeit über chronische Oxalsäurevergiftung an, dass schon *Haubner* im Jahre 1881 bei der Fütterung

Digitized by Google

von Kühen mit übermässiger Menge von Rüben und vielen Rübenblättern, die viel Oxalsäure enthalten, eine abnorme Knochenbrüchigkeit gefunden habe. *Zunz* habe Kaninchen mit ebensolchen Blättern gefüttert und auch bei diesen eine starke Knochenbrüchigkeit nachweisen können. *Kaspari*, der sich an diesen Untersuchuugen von *Zunz* beteiligte und dielben fortführte, sagt, dass die Oxalsäuren weniger schädlich auf die Versuchstiere wirken, wenn sie mit kohlensaurem Kalk neutralisiert waren. Dieser Ausgleich der schädlichen Wirkung der Oxalsäure durch Zusatz von kohlensaurem Kalk sei ja wohl verständlich, da auf diese Weise die Säure dem Organismus in einer auch für den Magensaft schwer löslichen Modifikation einverleibt werde und infolgedessen nur in geringer Menge zur Resorption gelange. Andererseits werde durch den Kalkzusatz an und für sich schon eine der schädlichsten Einwirkungen, welche die Oxalsäure bei chronischer Aufnahme mit sich bringt, aufgehoben oder doch wenigstens stark vermindert, nämlich die Kalkentziehung. Gäbe man nämlich einem Individuum Oxalsäure, so erscheine oxalsaurer Kalk in den Ausscheidungen wieder. Werde nun die Kalkausgabe des Organismus durch die Fütterung mit Oxalsäure vermehrt, so müsse die vermehrte Kalkausscheidung auf Kosten kalkhaltigen Materials des Körpers geschehen. Werde der Kalk gleich mit der Nahrung dem Organismus einverleibt, so brauche er nicht auf Kosten des Organismus den Knochen entzogen werden, so dass in einem seiner Versuchsfälle selbst nach Aufnahme von 652 g Oxalsäure sich an den Knochen keine wesentlichen Veränderungen fanden. Unterliess *Kaspari* die Zugabe von kohlensaurem Kalk zur Oxalsäurefütterung, so konnte er bei seinen Versuchstieren ausgiebige rachitische Veränderungen an den Knochen nachweisen, welche sich vor allem an den Rippen (Auftreibungen an der Knorpelknochengrenze, Verdünung der Rindenschicht der Extremitäten-Knochen und des Schädels) dokumentierten. Bei der Untersuchung des Herzens fand *Kaspari* im Gegensatz zu *Kobert* und *Küssner*, welche hierbei stets negative Resultate hatten, zweiftllos kristallinische Bildungen im Gewebe und glaubte diese für Kalziumoxalate bezeichnen zu müssen. Wie ich aus einem genauen Studium der Arbeit von *Kaspari* entnehme, hat derselbe an 2 Hunden Kalkbestimmungen des Urins und Kotes gemacht sowohl bei normaler Fütterung als auch bei Fütterung mit Oxalsäure zu dieser normalen Fütterung und ist dabei zu dem Resultate gekommen, dass die Kalkausscheidung bei Oxalsäurefütterung 10mal grösser war als die Kalkausscheidung bei normaler Fütterung.

Digitized by Google

Krohl (14) gibt an, dass oxalsaures Natron an Vögel verfüttert keine Wirkung habe im Gegensatz zu der Wirkung desselben auf pflanzen- und fleischfressende Säugetiere. v. *Vietinghoff-Scheel* (15) berichtet, dass ihm durch innerliche Eingabe von neutralem Natriumoxalat eine Vergiftung von Hühnern nicht gelungen sei, subkutan habe er jedoch mit dem Salze, selbst in kleinen Dosen, Tiere töten können und er erklärt dies damit, dass im Magendarmkanal der Hühner viel Kalk vorhanden sei und sich so ein unlösliches Kalziumoxalat bildet. Er habe Kalziumoxalatkristalle bei allen Tieren, die mit Acidum oxalicum oder Natrium oxalicum gefüttert waren, in den Nieren gefunden.

Meine eigenen Versuche, für welche ich nach dem Vorbilde *Eijkmanns* und *Maurers* Hühner wählte, da diese Tiere sich besonders hierfür eignen sollten, begann ich, wie gesagt, im Herbste des Jahres 1905 und zwar mit einer Anfangsversuchsreihe von 17 Tieren. Es handelte sich um meist junge gesunde Hähnchen und ich hatte nur 2 ältere Hennen unter diesen 17 Tieren. Die Tiere wurden vor Beginn der Oxalsäurefütterung mit Weizen, Rüben, Grünfutter und Brunnenwasser gefüttert und ich musste einige Tiere wegen einer durch Bakterien hervorgerufenen Erkrankung der Zunge und des Schlundes, welche im Volksmund Zipf genannt wird, ausschalten. Auf Rat von Herrn Professor Dr. *K. B. Lehmann* hatte ich, wie oben erwähnt, meine Fütterungen nicht mit Oxalsäure bildenden Schimmeln gemacht, die ich teils von Japan selbst mitgebracht hatte, teils von Dr. *Maurer* aus Stühlen Beriberikranker gezüchtet, erhalten hatte, sondern mit der Oxalsäure selbst und zwar mit 0,2 pro Tier und Tag. Diese Menge wurde in destilliertem Wasser gelöst und die wässerige Lösung einer Reismehlmenge von 10 g zugesetzt, daraus etwa 20 bis 30 Reismehlkügelchen geformt und damit wurden die Tiere gestopft. Schon nach wenigen Tagen hatten sich die Hühner daran gewöhnt, so dass sie die Kugeln von selbst aus der Hand frassen. Dazu bekamen sie stets etwas Wasser mit der Pipette in den Schnabel eingeflösst. Um zu verhindern, dass die Hühner bei ihrem grossen Kalkbedürfnisse solchen sich einverleiben konnten, erschien mir vor allem wichtig die Seite der Käfige, welche an eine gekalkte Wand anstiess, dicht mit einem Pappdeckelkarton abzuschliessen, da in den ersten Versuchstagen die Tiere grosse Löcher in die Wand gepickt hatten, um bei der kalkarmen Kost ihren Kalkbedarf zu decken. Später verdoppelte ich die Menge und nachdem ich gesehen hatte, dass ich bei Fütterung von Natrium oxalicum 0,52

Digitized by Google

pro Tag und Tier (was 0,4 Acidum oxalicum entspricht) dieselbe Wirkung erzielte als mit der freien Oxalsäure, wählte ich nur noch das neutrale Natriumsalz der Oxalsäure zur weiteren Fütterung.

Ausgehend von der theoretischen Erwägung, welche durch die nachfolgenden praktischen Ergebnisse der Versuchsreihen mir bestätigt zu sein scheint, dass die giftige Wirkung der Oxalsäure oder ihrer wasserlöslichen Salze speziell des oxalsauren Natriums auf der Bildung von unlöslichem oxalsauren Kalzium mit dem Kalkgehalt des Organismus beruht, musste ich mir sagen, dass alle ähnlichen organischen Säuren, die mit Kalzium unlösliches Salz zu bilden vermögen, ähnliche oder gleiche Wirkung hervorrufen müssen wie die Oxalsäure und deren Salze. Ich hatte dabei speziell weinsaures Natron im Auge und wählte zu meinen Versuchen eine Menge von Natriumtartrat von 0,7 g, was 0,5 g Natriumoxalat entspricht. Die in vitro gemachten chemischen Kontrollproben ergaben, dass weinsaurer Kalk ebenso wie oxalsaurer Kalk sowohl durch eine 1 : 10 verdünnte Essigsäure wie auch durch eine konzentrierte Essigsäure unlöslich sei. Verdünnte und konzentrierte Salzsäure löste sowohl den oxalsauren Kalk wie den weinsauren Kalk.

Um mir ein Bild machen zu können von den normalen Aziditäts- und Alkaliditätsverhältnissen im Kropfe, Magen und Darm von normal ernährten Hühnern, habe ich an 2 gesunden Tieren Bestimmungen mit Lackmuspapier und Luteolpapier vorgenommen und unter Zusatz von Phenolphthalein mit $^1/_{10}$ normaler Natronlauge titriert. Bei beiden Tieren ergab der Kropfinhalt eine schwachsaure Reaktion, der Magen eine starksaure, der Dünndarm reagierte schwachsauer, während der Enddarm und die beiden Blinddärme sowohl mit rotem Lackmuspapier als mit Luteolpapier eine stark alkalische Reaktion zeigten. Beim Titrieren wurde für den Kropf mit Inhalt etwa 1 ccm $^1/_{10}$ normaler Natronlauge gebraucht, für den Magen mit seinem sehr spärlichen Inhalt etwa 6 ccm, für den reichlichen Dünndarminhalt ca. 20 ccm und für den Enddarm etwa 1,5 ccm.

Auch bei ausschliesslicher Fütterung mit Reismehlkugeln und Reis erhielt ich, allerdings in längerer Zeitspanne, dieselbe Symptome wie bei Vergiftung mit Acidum oxalicum und Natrium oxalicum, und zwar glichen die Symptome vollkommen denen, welche *Eijkmann* bei seinen mit Reis gefütterten Tieren spontan auftretend fand, dass ich mir sagen musse, dass es sich in meiner ersten Versuchsreihe um dieselbe Erkrankung handelte, wie sie *Eijkmann* bei seinen Hühnern beobachtet hatte: „Dyspnoe, zyanotischer Kamm, Muskel-

Digitized by Google

und Fettschwund, diarrhoische Entlerrungen, unsteter Gang, gespreizte Beine, Zusammensinken in den Beinen, Umfallen und Liegenbleiben auf der Seite, Hängenlassen der Flügel, vollständige Lähmung der Flügel, geöffneter Schnabel, Heruntersinken der Nickhaut des Auges und Unvermögen, den Kopf zu bewegen, Tod am 2. oder 3. Tage der akuten Krankheitssymptome," das ist die Reihenfolge der Erscheinungen, welche *Eijkmann* bei seinen Tieren beobachtete, und ich kann mich darauf beschränken, diese treffliche Schilderung der Erkrankungssymptome, wie sie *Eijkmann* gegeben hat, auch für meine Versuchstiere einfach zu zitieren. Da ich sowohl in dieser ersten Versuchsreihe als in den nachfolgenden den Tieren die Oxalsäure und das Natrium oxalicum in Reismehlkugeln verabreichte und als Beifutter kalkarmen Reis und kalkreichen Weizen wählte, so hielt ich es für nötig, den Kalkgehalt von Reis und Weizen quantitativ zu bestimmen, um entscheiden zu können, wie gross die durch die Nahrung eingeführten Kalkmengen seien, und ob dieselben hinreichten, einen Einfluss auf die Wirkung der Oxalsäure oder des oxalsauren Natrons auszuüben. Die Methode nach der ich die Kalkbestimmung von Reis und Weizen vornahm, war folgende.

Kalkbestimmung in Weizen und Reis.

20 g luftrockene Weizenkörner resp. 50 g lufttrockenes Reismehl wurden in mitterer dünnwandiger glazierter Porzellanschale vorsichtig erst bei kleiner Flamme verkohlt bis kein Rauch mehr entwich, die Kohle dann mit einem Glaspistill fein zerieben und nochmals längere Zeit schwach geglüht. Nun liess ich erkalten, zog die Kohle mit kochendem Wasser und etwas Salzsäure aus, filtrierte, wusch auf dem Filter mit ca. 50 ccm heissem Wasser aus, um die Kali- und Natronsalze zu entfernen und teilweise schon den Kalk zu lösen. Nun gab ich die Kohle samt dem Filter in den Porzellantiegel, wo sie in kurzer Zeit zu weisser Asche verbrannten. Während dieses Verbrennens dampfte ich den schwachen Salzsäureauszug auf dem Wasserbad in Platinschalen ab. Die Asche wurde in heissem Wasser gelöst, dem einige Tropfen Salzsäure zugefügt. waren (Ev. Unlösliches filtriert man ab und wäscht das Filtrat mit etwas heisser Salzsäure und dann ca. 100 ccm heissen Wasser aus.) Die gelöste Asche samt Waschwasser wurde nun in die betreffende Platinschale gegeben und zur Trockene auf dem Wasserbade abgedampft, hierauf der Rückstand mit Salzsäure übergossen und wieder zur Trockene abgedampft. Diese Prozedur wurde dreimal wiederholt, um etwaige Kieselsäure

Digitized by Google

abzuscheiden. Hierauf wurde der Rückstand in warmer, stark verdünnter Salzsäure gelöst, das Unlösliche abfiltriert und mit heissem Wasser gut ausgewaschen. Das schwach saure Filtrat wurde nun mit einigen Tropfen starker Salpetersäure (spezifisches Gewicht 1,4) kurze Zeit gekocht, um alles Eisen in die Oxydform überzuführen, sodann mit etwas festem Ammoniumkarbonat neutralisiert (entsteht hierdurch ein Niederschlag, so wird so lange verdünnte Salzsäure tropfenweise zugesetzt, bis sich der Niederschlag eben löst. Hierauf gibt man ca. 1—2 g (vier kleine Löffelchen) essigsaures Ammonium zu, kocht ca. 6—7 Minuten und lässt längere Zeit absitzen. Hierauf wird filtriert und das ausgefallene Eisen gut auf Filter mit heissem Wasser ausgewaschen. Nun überzeugt man sich, ob ein Tropfen des Filtrates mit etwas frisch bereitetem Ferrozyankalium keine Blaufärbung mehr gibt. Tritt Blaufärbung ein, ein Zeichen, dass Eisen in das Filtrat übergegangen ist, so müssen die Filtrate nochmals mit Ammoniumacetat versetzt, gekocht und filtriert werden. Nun versetzt man die Filtrate mit etwas Essigsäure und fällt den Kalk unter gutem Umrühren durch einige ccm zentrifugierter Lösung von Ammoniumoxalat. Nach 24 stündigem Absitzen filtriert man unter öfterem Dekantieren ab und wäscht mit heissem Wasser auf dem Filter gut aus. (Einige Tropfen des letzten Waschwassers auf Platinblech verdampft, dürfen keinen Rückstand hinterlassen). Sodann wird das Filter samt Rückstand im Trockenschrank getrocknet, der Rückstand möglichst vom Filter durch Drücken befreit und in einen gewogenen Platintiegel gegeben. Das Filter selbst wird an einer Platindrahtspierale verbrannt und verascht und ebenfalls in den Tiegel gegeben. Nun wird mit kleiner Flamme ca. zehn Minuten leicht geglüht, dann zehn Minuten auf dem Gebläse zur starken Glut Glut gebracht. In dem Exsikkator lässt man erkalten und wiegt. Dann wird nochmals fünf Minuten auf dem Gebläse geglüht und wieder gewogen. (Dieser Glührückstand muss völlig weiss und mehlig aussehen). Sieht derselbe glasig aus, ein Zeichen, dass noch Kali- und Natriumsalze oder Phosphorsäure vorhanden waren, so muss nochmals in Salzsäure gelöst und mit Ammoniumoxalat in essigsaurer Lösung der Kalk gefällt werden. Ichhabe diese Kalkbestimmung so genau geschildert, da ich in der Literatur mehrfach in namhaften Arbeiten grundlegende Fehler fand, indem auf das vorhandene Eisen und die Phosphorsäure keine Rücksicht genommen wurde.

Die Resultate dieser Kalkbestimmung, welche sowohl für den Weizen wie für den Reis an zwei Kontrollproben angestellt waren,

Digitized by Google

waren übereinstimmend und ergaben für 20 g Weizen 13,6 mg resp. 13,4 mg Kalk, so dass wir im Mittel für 100 g Weizen 67,5 mg Kalk oder 0,0675% erhalten hätten. In 50 g Reismehl wurden 5,9 resp. 6,0 mg Kalk gefunden, so dass wir in Mittel für 100 g Reis 11,9 mg Kalk oder 0,0119% gefunden hätten. Der Weizen hätte somit den 6 fachen Kalkgehalt wie der Reis. Es entspricht dies dem prozentualen Gehalt an Ca O, wie ich es bei *Wolf* (17) (Aschenanalyse) fand, ziemlich genau. In zwei Vorversuchen hatte ich den Fehler begangen, den Kalk nach der Dekantierung in ammoniakalischer Lösung sich abscheiden zu lassen und damit war auch die Phosphorsäure ausgefallen und hatte beim Glühen im Gebläse eine geschmolzene, glasige Masse gegeben. In essigsaurer Lösung konnte ich jedoch den bröcklig-mehligen Kalk allein auf die Filter gewinnen. Kalkbestimmungen, welche ich an Nervensubstanz von Hühnern vor und nach der Fütterung mit Acidum oxalicum, Natrium oxalicum und Natrinm tartaricum vorzunehmen gedachte, hatte ich auf Anraten von Herrn Professor *K. B. Lehmann* wieder aufgegeben, da sich herausgestellt hatte, dass ich, um einigermassen verwendbare Mengen von Kalk zu gewinnen, die Nervensubstanz von ungefähr 200 Hühnern nötig gehabt hätte. *Katz* (15) hat nämlich bei Kalkbestimmungen, welche er an etwa 30 g frischen Hühnerfleisches vornahm, nur 4—5 mg Ätzkalk nachweisen können.

Meinem hochverehrten Lehrer und derzeitigen Chef, Herrn Prof. *K. B. Lehmann* bin ich zum grössten Dank verpflichtet für die zahlreichen Winke und gütigen Ratschläge, deren ich mich während der ganzen Arbeit von seiner Seite zu erfreuen hatte und ebenso schulde ich dem chemischen Assistenten des Herrn Professor *Lehmann*, Herrn *Hans Lang*, Dank, der mich auf Grund langjähriger Erfahrung bei mehreren Vorversuchen in die Schwierigkeiten der quantitativen Kalkbestimmung in Reis und Weizen einführte.

Ich lasse nunmehr die zusammengestellten Tabellen meiner drei Versuchsreihen folgen.

Google

Endergebnis der 3 Versuchsreihen.

1. Tiere mit Acidum oxalicum.

	Anfangsgewicht g	Acid. oxalicum pro die	Tagesmenge: Reis g	Weizen g	Eierschale	Destill. Wasser	Hartes Wasser	Krankheitssymptome[1]	Tod nach Tagen	Patholog. Veränderungen	Gewichtsabnahme g	Zeit der Fütterung
Hahn 1	907	0,2	20	—	—	+	—	Kropf voll Kammcyanose Dyspnoe, Lähmungen der Beine u. Flügel	31	Herz fettig degeneriert N. vagus N. ischiadicus	360	
Hahn 6	977	0,2	20	—	—	+	—	wie 1	28	wie 1	325	Dezember
Hahn 15	905	0,4	—	20	—	—	+	wie 1	14	wie 1	325	Januar
Hahn 16	695	0,4	—	20	—	—	+	wie 1	17	wie 1	150	Januar
Henne 2	908	0,2	20	—	—	+	—	wie 1	42	wie 1	428	Dezember
Henne 8	810	0,4	20	—	—	+	—	wie 1	15	wie 1	235	Dezember

2. Tiere mit Natrium oxalicum.

	Anfangsgewicht g	Natrium oxalicum pro die	Tagesmenge: Reis g	Weizen g	Eierschalen	Destill. Wasser	Hartes Wasser	Krankheitssymptome	Tod nach Tagen	Patholog. Veränderungen	Gewichtsabnahme g	Zeit der Fütterung
Hahn 5	500	0,52	20	—	—	+	—	wie 1	18	wie 1	75	Dezember
Hahn 10	560	0,52	20	—	—	+	—	wie 1	19	wie 1	115	Januar
Hahn 11	770	0,52	—	20	—	—	+	wie 1	21	wie 1	190	Januar
Hahn 12	550	0,52	—	20	—	—	+	wie 1	22	wie 1 dazu im Herzbeutel weisslicher Überzug d. ganzen Herzmuskels	200	
Hahn 14	810	0,52	—	20	—	—	+	wie 1	20	wie 1	120	Januar
Hahn 24	1270	0,5	30	—	—	+	—	wie 1	12	wie 1	490	April
Hahn 26	870	0,5	—	30	0,4	—	+	wie 1	22	wie 1	370	April
Hahn 32	630	0,5	30	—	—	+	—	wie 1	17	wie 1	210	Mai
Hahn 34	640	0,5	—	30	0,8	—	+	nach 4 Wochen noch völlig gesund			20	Mai

[1]) Krankheitssymptome 5—2 Tage vor Tod beginnend in obiger Reihenfolge.

Digitized by Google

	Anfangsgewicht g	Natrium oxalicum pro die g	Tagesmenge: Reis g	Weizen g	Eierschalen	Destill. Wasser	Hartes Wasser	Krankheitssymptome	Tod nach Tagen	Pathol. Veränderungen	Gewichtsabnahme g	Zeit der Fütterung
Henne 13	880	0,52	—	20	—	—	+	wie 1	28	wie 1	70	Januar
Henne 25	1520	0,5	30	—	—	+	—	wie 1	19	wie 1 dazu im Herzbeutel weisslicher Überzug d. ganzen Herzmuskels	420	
Henne 27	1460	0,5	—	30	0,4	—	+	wie 1	38	wie 1	600	April
Henne 33	1440	0,5	30	—	—	+	—	wie 1	11	wie 1	360	April [1]
Henne 35	1110	0,5	—	30	0,8	—	+	nach 4 Wochen noch völlig gesund			170 gew. Zunahme	April [2]

3. Tiere mit Natrium tartaricum.

	Anfangsgewicht	Natr. tart. pro die	Tagesmenge: Reis g	Weizen g	Eierschale	Destill. Wasser	Hartes Wasser	Krankheitssymptome	Tod nach Tagen	Pathol. Veränderungen	Gewichtsabnahme g	Zeit der Fütterung
Hahn 28	860	0,7	—	30	—	—	+	in den letzten 2 Tagen Kropf voll; Cyanose des Kamms, Dyspnoe, Lähmung d. Beine und Flügel	8	Herzmuskel, N. vagus, N. ischiadicus } fettig degeneriert	290	April
Hahn 31	1230	0,7	—	30	0,4	—	+	nach 83 Tagen als gesund mit Chloroform getötet		normal	200 Zunahme	April
Henne 29	1070	0,7	—	30	—	—	+	in den letzten 5 Tagen Symptome vom Hahn 25	51	wie Hahn 28	330	April
Henne 30	1490	0,7	—	30	0,4	—	+	wie bei Hahn 31		normal	30	April

[1]) Grosses Ei ohne Schale im Leib. Im Herzbeutel weisslicher Überzug des ganzen Herzmuskels.

[2]) 30. und 31. Mai 1906 bleibt Eierschale weg, nach 48 Stunden Kropfverdauung verlangsamt. Dyspnoe, Cyanose des Kamms, Lähmung der Beine, dann Flügel; 1. VI. früh Tod. Sensibilität der Extremitäten schon 31. V. abends erloschen.

Digitized by Google

4. Tiere ohne Oxalat oder Tartrat mit vorwiegender Reiskost.

	Anfangsgewicht g	Reismehlkugeln pro die	Tagesmenge: Reis g	Weizen g	Eierschalen	Destill. Wasser	Hartes Wasser	Krankheitssymptome	Tod nach Tagen	Pathol. Veränderungen	Gewichtsabnahme g	Zeit der Fütterung
Hahn 3	920	20	20	—	—	+	—	in den letzten 4 Tagen Kropfverdauung gestört, Cyanose des Kamms, Dyspnoe, Lähmungen der Beine, dann Flügel	34	Herzmuskel, N. vagus, N. ischiadicus } fettig degeneriert	220	Dezember
Hahn 9	932	20	20	—	—	+	—	wie 3	40	wie 3	285	Dezember
Hahn 21	1050	20	20	—	—	+	—	wie 3	23	wie 3	200	Februar
Hahn 22	880	20	—	20	0,4	—	+	wie 3	24	wie 3	330	Februar
Hahn 36	600	20	20	—	—	+	—	wie 3	8	wie 3	220	April
Hahn 38	650	20	—	20	0,8	—	+	wie 3	16	wie 3	140	April
Henne 20	1420	20	20	—	—	+	—	wie 3	26	wie 3	440	Februar
Henne 28	1520	20	—	20	0,4	—	+	wie 3	34	wie 3	450	Februar
Henne 37	1290	20	20	—	—	+	—	wie 3	10	wie 3	310	April
Henne 39	1120	20	—	20	0,8	—	+	wie 3	23	wie 3	130	April

5. Tiere mit Weizenfutter ohne Reis.

Hahn 17	750	—	—	30	—	—	+	gesund	—	normal	20 Zunahme	6 Wochen als gesund gefüttert
Hahn 40	800	—	—	30	—	—	+	gesund	—	normal	20 Zunahme	
Hahn 41	1100	—	—	30	—	—	+	gesund	—	normal	170 Zunahme	

6. Hungertiere.

Hahn 19	1450	—	—	—	—	—	+	Entkräftigung, keine Lähmung, keine Cyanose, keine Dyspnoe	38	normal	850
Henne 18	1640	—	—	—	—	—	+	wie 19	26 mit Chloroform getötet	normal	600

b

Digitized by Google

Hier anfügen muss ich, dass der Hahn 34 auch jetzt, nach 7 Wochen Fütterung mit Natr. oxal. 0,5 und 0,8 Eierschale noch völlig gesund ist, und dass zwei neu eingestellte Paar Hühner, welche 0,5 Natr. oxal. und 20 g Reismehlkugeln und dazu je 1,5 Eierschale bekommen, jetzt nach 18tägiger Fütterung noch völlig gesund sind.

Schlüsse aus den Tabellen.

1. Aus Nr. 1, den mit Oxalsäure 0,2 bis 0,4 pro die per os vergifteten Tieren, glaubte ich folgendes schliessen zu können. Die Tiere gehen in 14 Tagen bis 3 Wochen unter Herz- und Nervenerscheinungen zugrunde. Das Gewicht der Tiere nimmt in dieser Zeit um etwa $^1/_3$ ab. Herzmuskel, Nervus vagus und Nervus ischiaticus degenerieren fettig. Hennen sind widerstandsfähiger als Hähne, kalkarme Nahrung beschleunigt den Tod, kalkreiche verlangsamt ihn, ohne ihn zu verhindern.

2. Tiere mit Natrium oxalicum 0,5 pro die per os gefüttert gehen in etwa 3 Wochen unter denselben Symptomen zugrunde wie die mit Acidium oxalicum vergifteten. Die Herz- und Nervendegeneration ist dieselbe wie bei Oxalsäure. Hennen sind auch hiergegen widerstandsfähiger als Hähne. Kalkhaltige Nebennahrung verzögert auch hier den Tod etwas, Eingabe von 0,4 Eierschale (kohlensaurer Kalk) verzögert den Tod noch mehr, 0,8 Eierschale lässt das Tier nicht erkranken und rettet das Leben. Während die Tiere mit Oxalsäure (oxalsaurem Natron) und kalkarmer Nahrung in der Fütterungszeit $^1/_3$ bis $^1/_4$ ihres Gewichts verlieren, erhält 0,8 Eierschale bei gleicher Nahrungsmenge die Tiere auf ihrem Gewicht oder lässt sie zunehmen.

3. Tiere mit Natrium tartaricum (weinsaures Natron) 0,7 pro die, per os gefüttert, gehen in etwa derselben Zeit unter derselben Symptomen und mit denselben Degenerationserscheinungen des Herzens und der Nerven zugrunde wie die mit Acidum oxalicum und Natrium oxalicum gefütterten Tiere. Hennen sind auch hier widerstandsfähiger. Die Tiere nehmen etwa $^1/_3$ ihres Gewichts ab. 0,4 Eierschale erhält das Leben, die Gesundheit und das Gewicht der Tiere.

Die Resultate dieser 3 Fütterungsarten lassen schliessen, dass sowohl Acidum oxalicum wie Natrium oxalicum und Natrium tartaricum stark kalkentziehend wirken. Wird gleichzeitig Kalk im Überschuss per os eingeführt, so bleibt der Kalkvorrat des Körpers verschont die Tiere bleiben gesund und am Leben. Die Hennen sind

Digitized by Google

widerstandsfähiger als Hähne, da wohl die Henne schon normalerweise mehr Kalk in sich birgt zur Bildung der Eierschale.

4. Tiere nur mit Kugeln aus Reismehl ohne Zugabe von Oxalat und Tartrat gefüttert (Reismehlkugeln 20 g) gehen in 3 bis 4 Wochen unter denselben Symptomen zugrunde wie die Hühner, welche Acidum oxalicum, Natrium oxalicum und Natrium tartaricum bekamen. Herz und Nerven sind ebenso fettig degeneriert wie bei der Vergiftung. Die Hennen sind auch hier widerstandsfähiger. Kalkhaltige Nahrung und künstlicher Zusatz von Kalk verlangsamt auch hier den Tod, 0,8 Eierschale hielt die Tiere doppelt so lange am Leben als kalkarme Nahrung. Während die mit Reiskugeln und kalkarmer Nahrung gefütterten $^1/_3$ bis $^1/_4$ ihres Gewichts abnehmen, nehmen die mit Weizen und 0,8 Eierschale gefütterten nur $^1/_6$ ihres Gewichts ab. Im Kropf all dieser Tiere aus dieser Versuchsreihe wurden 3 Arten Bakterien gefunden, von denen eines ein säurebildendes, schlankes Stäbchen ist. Chemisch konnte ich im Kropfinhalt von vieren dieser Tiere qualitativ Oxalsäure nachweisen bei einem mit Natrium oxalicum vergifteten Huhn in recht beträchtlicher Menge. Auch 3 mit Reismehlkugeln und kalkarmer Nahrung ad exitum gebrachte Tiere enthielten in ihrem Kropf nicht unbeträchtliche Mengen von Oxalsäure. Der später folgende bakteriologische und chemische Teil der Arbeit wird darüber Genaueres bringen. In den wärmeren Monaten ist der Tod der Tiere rascher erfolgt als im Winter, was die Annahme nahelegt, dass die Bakterien unter günstigeren Temperaturverhältnissen mehr Säure (Oxalsäure) produzierten. Aus der Analogie der Symptome und der pathologischen Befunde scheint es nicht allzukühn, schon, bevor die quantitative Untersuchung vorliegt, daran zu denken, dass die nachteilige Wirkung der Reisfütterung nicht nur in verminderter Kalkzufuhr, sondern auch in verminderter Kalkentziehung der Oxalsäurewirkung aufzufassen ist.

5. Die normalen 3 Tiere nahmen zu und zeigten keine Degeneration des Herzens und der Nerven.

6. Die Hungertiere waren nach 4 Wochen noch völlig gesund. Das eine, das nach 28 Tagen ohne Symptome getötet wurde, zeigte keine Degenerationen des Herzmuskels und der Nerven und hatte 600 g abgenommen d. h. etwa $^2/_5$ seines Körpergewichts. Das zweite lebte 38 Tage, starb an Entkräftung, hatte keine Dyspnoe, keine Kammzyanose und keine Lähmungen, ebenso fanden sich keine Degenerationen des Herzmuskels und der Nerven. Das Tier war $^1/_2$ Stunde vor seinem Tode noch gut im Käfig herumgelaufen. Es hatte

Digitized by Google

850 g abgenommen d. h. etwa $^3/_5$ seines Körpergewichts. Die Erfahrungen an diesen beiden Tiere lassen den Schluss zu, dass die Erkrankungssymptome der vergifteten Tiere nicht auf die starke Körpergewichtsabnahme, also auf ein Verhungern, zurückzuführen waren und dass bei einer gleichmässigen Abnahme aller Körperelemente, wie sie bei den Hungertieren vorhanden war, der Symptomenkomplex und die pathologischen Veränderungen wie bei den vergifteten Tieren sich nicht einstellen.

Bei den Sektionen der Tiere hatte sich an makroskopisch sichtbaren Veränderungen relativ wenig gefunden. Die Herzen zeigten eine fleckweiss hellere Verfärbung und waren in einer Reihe der Fälle nur einem gutgeschulten pathologischen Auge sichtbar. Es würde sich bei etwaiger Nachprüfung dieser Untersuchungen empfehlen, das Herz an mindestens 6 bis 8 Stellen einzuschneiden und auch die Papillarmuskeln auf etwaige fettige Degeneration sorgfältig nachzusehen und Stücke davon einzulegen, da sich kleine Degenerationsherde in vielen Fällen noch mit dem Mikroskop dann nachweisen liessen, wo das Auge versagt hatte. In 3 Fällen von Tieren, die mit Natrium oxalicum war die Oberfläche des Herzmuskels innerhalb des Herzbeutels mit einer zusammenhängenden weisslich grümlichen Schicht umgeben, welche sich chemisch als oxalsaurer Kalk erwies. Mikroskopisch waren keine deutlichen Krystallisationen vorhanden, sondern nur amorphe Massen zu sehen.

Die Technik bei Herstellung der mikroskopischen Präparate von Herzmuskel und den Nerven war kurz folgende. Aus jedem Herzen wurden Stückchen von etwa 2 bis 3 mm Dicke herausgeschnitten, in etwa 10%igem Formalin über Nacht gehärtet, dasselbe am nächsten Tage gut ausgewaschen, mit dem Gefriermikrotom (Äther) Schnitte von 15 bis 20 mm Dicke hergestellt und mit Sudan III und Hämatoxylin gefärbt. Nach der Hämatoxylinfärbung wurde gut mit Brunnenwasser ausgewaschen, die Schnitte in Glyzerin eingebettet, der Schnitt unter dem Deckglas mit geschmolzenem Wachs vermittels eines Pinsels umrandet. Die Technik der Gefriermikrotomschnitte, welche durch 2 Farben und einer Reihe von Wasser, Alkohol, Glyzerin gehen müssen, ist eine schwierige und empfiehlt sich nur für pathologisch anatomisch Geschulte. Die Nerven wurden unter Vermeidung jeglichen Drucks oder jeglicher Zerrung sorgfältig frei präpariert, auf ein Zündhölzchen gelegt, an dasselbe an 2 Stellen mit dünnen Fäden fest angebunden und sodann erst an beiden Enden abgeschnitten und dann ebenso weiter behandelt wie die Herzschnitte.

Digitized by Google

Am Gehirn und Rückenmark konnte bei ziemlich zahlreichen Untersuchungen bisher nichts Charakteristisches gefunden werden.

Die Ergebnisse an den auf diese Weise gewonnenen mikroskopischen Präparaten waren derart übereinstimmend, dass ich mich darauf beschränken kann, einige für alle geltende Hauptsätze voranzuschicken. Schon mit blossem Auge war sowohl beim Herzmuskel als beim Nervus vagus und Nervus ischiadicus der normalen Tiere der blaue Hämotoxylinfärbungston in die Augen fallend und von der Sudanfärbung nur vereinzelte rot gefärbte Fettstellchen an der Herzoberfläche und in der Bindegewebshülle und dem interstitiellen Bindegewebe der Nerven zu sehen. Im Gegensatz dazu zeigt der degenerierte Herzmuskel deutlich rot gefärbte Teile, welche in die blau gefärbte normale Herzmuskulatur eingesprengt sind. Die degenerierten Nervi vagi und ischiadici haben in toto den rotgelblichen Sudanfarbstoff angenommen und nur an deren Oberfläche hat das Bindegewebe und das zwischen den einzelnen Nervenstämmen liegende Bindegewebe den blauen Hämotoxylinfärbungston angenommen. Auf diese Weise ist schon mit blossem Auge aufs deutlichste die Differentialdiagnose zwischen normalen und degeneriertem Herzmuskel und zwischen normalen Nervus vagus und ischiadicus und degeneriertem Nervus vagus und ischiadicus zu stellen. In einigen Fällen hatte ich auch Präparate hergestellt von Nieren von Hühnern, welche durch oxalsaures Natron zu Tode gebracht waren. Hierbei konnte ich öfter, wie die früheren Autoren, die Harnkanälchen mit Kristallen, oxalsauren Kalkes ausgefüllt finden und dementsprechend waren schon makroskopisch bei der Sektion in den Nieren weissliche Stränge zu sehen, die aus einer grümlichen Masse bestanden. Präparate, die ich noch in zwei Fällen von der Beinmuskulatur aus der Umgebung fettig degenerierter Nervus ischiadici hergestellt hatte, zeigten ähnliche keilförmige fettig degenerierte Stellen wie die Bilder des fettig degenerierten Herzmuskels.

Zum Schlusse der Arbeit möchte ich die wichtigsten Punkte des Vorangegangenen nochmals kurz zusammenfassen.

1. Wie oben ausgeführt sind bei beriberikranken Menschen Symptome vonseiten des Herzens und der peripheren Nerven gefunden, die sich in Dyspnoe, Cyanose, Pulsarythmie, Ödemen, Sensibilitäts- und Motilitätsstörungen der Extremitäten vornehmlich der Beine dokumentieren. Mit dem Mikroskop sind bisher pathologisch-anatomisch fettige Degeneration des Herzmuskels und bei den

Digitized by Google

Nerven Zerfall der Achsenzylinder und Degenerationsprozesse des ganzen Nerven beobachtet.

2. *Eijkmann* fand bei seinen mit Reis gefütterten Hühnern kurz vor dem Tode spontan auftretende Dyspnoe, Kammcyanose, Lähmungen der Beine und Flügel und glaubte diesen Symptomenkomplex als beriberiähnlich bezeichnen zu dürfen wegen der grossen Ähnlichkeit des klinischen Bildes mit der menschlichen Beriberi. Ähnliche Ergebnisse erhielt *Maurer* bei Oxalsäurefütterung.

3. Die Resultate meiner Versuchsreihen an den mit Oxalsäure, oxalsaurem Natron, weinsaurem Natron und Reismehlkugeln gefütterten Hühnern stimmten klinisch-symptomatologisch mit den *Eijkmann*schen Erkrankungsbildern vollständig überein und ich glaube infolgedessen auch die von mir hervorgerufenen Krankheitsbilder als beriberiähnlich bezeichnen zu dürfen.

4. Die entsprechend den Herzerscheinungen und den Lähmungserscheinungen von mir gefundenen mikroskopischen Veränderungen des Herzens und der Nerven bestehen in einer fettigen Degeneration dieser Organe, wie dies ja schon bei der menschlichen Beriberi für den Herzmuskel nachgewiesen ist. Auf Grund meiner Ergebnisse muss ich im Gegensatz zu *Kobert* und *Küssner* die Oxalsäure etc. auch als ein Herzgift, wenn auch ein sekundäres, bezeichnen.

5. Diese pathologischen Veränderungen erscheinen hervorgerufen durch eine abnorme Kalkentziehung, welche die Osalsäure, das oxalsaure Natron, das weinsaure Natron und höchstwahrscheinlich die aus dem Reismehl durch Einwirkung von Mikroorganismen sich entwickelnde Oxalsäure auf diese Organe ausüben.

6. Durch gleichzeitige Fütterung von Kalk (kohlensaurem Kalk der Eierschale) im Überfluss sind sowohl die Erkrankungsymptome wie die pathologischen Veränderungen am Herzen und den peripheren Nerven der Versuchstiere hintanzuhalten, indem die verfütterte Oxalsäure etc. an Kalk gebunden und dadurch schwer löslich d. h. unschädlich wird. Durch diese gleichzeitige Kalkzufuhr ist sowohl das Gewicht der ohne Kalk ($CaCO_3$) rapid abnehmenden Tiere zu erhalten, als wie Leben und Gesundheit der Tiere.

7. Das oxalsaure Natrium vermag dieselben Erkrankungserscheinungen und dieselben pathologischen Veränderungen bei Hühnern hervorzurufen, wie die Oxalsäure selbst, ebenso das weinsaure Natrium.

8. In fünf Fällen von akuter menschlicher Beriberi mit Ödemen fand ich im Urin Kristalle von oxalsaurem Kalk, welche das Mass

Digitized by Google

des im normalen Urin vorkommenden Kalziumoxalates weit überschritten.

9. In zwei von diesen fünf Fällen prüfte ich auch chemisch nach und konnte beide Male auch chemisch reichlich Oxalsäure nachweisen. In zwei weiteren Fällen menschlicher Beriberi, in denen sich mikroskopisch nichts nachweisen liess, konnte ich chemisch weit geringere Mengen Oxalsäure vorfinden.

Neu an meiner Arbeit ist das, dass die pathologisch-anatomischen Veränderungen, welche ich durch Fütterung mit Oxalsäure hervorrufen konnte, die grösste Ähnlichkeit mit denen haben, welche die Autoren für die menschliche Beriberi angeben, ferner dass es mir gelang, mit Natrium oxalicum und besonders auch mit Natrium tartaricum dieselben beriberiähnlichen Symptome und dementsprechend dieselben pathologischen Veränderungen am Herzen und Nerven hervorzurufen, wie mit der Oxalsäure selbst; ferner dass eine Fütterung mit Kugel aus Reismehl allein und Reis als Beifutter dasselbe zu bewirken vermag wie die oben erwähnten Chemikalien, indem sich im Kropfe der Hühner wohl infolge von Bakterieneinwirkung Oxalsäure entwickelte. Endlich dürfte noch das neu sein, dass ich im Gegensatz zu anderen Autoren, denen zwar eine Abschwächung der Oxalsäure durch kohlensaurem Kalk gelungen war, durch eine Fütterung mit grossem Überschuss an kohlensaurem Kalk (Eierschale) eine völlige Hintanhaltung der Erkrankung meiner Versuchshühner erzielte.

Der Grund, warum sich Hühner von allen Tiergattungen bisher allein zur Erzeugung von beriberiähnlichen Symptomen geeignet haben dürften, dürfte wohl darin zu erblicken sein, dass infolge des Kropfes dieser Tiere günstige Verhältnisse für eine Gärung und Entwickelung von Bakterienstoffwechselprodukten vorhanden sind und die eierlegenden Vögel im allgemeinen einen grossen Kalkbedarf und Kalkumsatz aufweisen und daher eine Kalkentziehung schlechter vertragen als irgend eine andere Tierart.

Digitized by Google

Literaturverzeichnis.

1. Mense, Handbuch der Tropenkrankheiten. Joh. Ambr. Barth, Leipzig 1905.
2. Duerck, Münch. Med. Wochenschr. 1905, Nr. 40.
3. Maurer, G., De aetiologie van beri-beri en Psilosis; Geneeskundig Tijdschrift vor Ned. Indie 1903.
4. Eijkmann, Eine beriberiähnliche Krankheit der Hühner. Virch. Archiv 148. Bd., 1897, S. 523.
5. Kobert, Lehrbuch der Intoxikationen. II. Aufl., 1905.
6. Giunti, Virch. Arch. 1897, Bd. I, S. 369.
7. Zopf, Bericht der deutsch. botan. Gesellschaft. Bd. 7, S. 94 u. Bd. 18, S. 32.
8. Banning, Bakt. Zentralbl. 1902, II, 8, S. 395, 425, 453.
9. Kobert und Kuessner, Virch. Arch. Bd. 78 u. Bd. 81, 1879, 1880.
10. Lesser, Virch. Arch. Bd. 83, 1881, 222.
11. Munzer, Inaug.-Dissert. Berlin 1887.
12. Eppstein und Nikolaier, Virch. Arch. 1897, 148. Bd., S. 366, Wirkungen der Oxalsäure auf Nieren.
13. Caspari, Inaug.-Dissert. Leipzig 1895—1896.
14. Krohl, Arbeiten aus dem pharmakolog. Institut Dorpat 1897, Bd. 7, S. 130.
15. v. Vietinghoff-Scheel, Arch. internat. d. pharmakodynam. et de therapie 1901, Bd. 8, S. 225.
16. Katz, Inaug.-Dissert, 1896, Bonn.
17. Wolf, Aschenanalysen landwirtschaftlicher Produkte 1871.

Digitized by Google

Fig. 1a

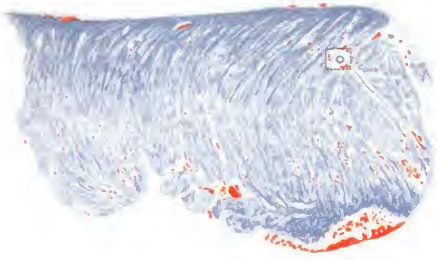


Fig. 1b

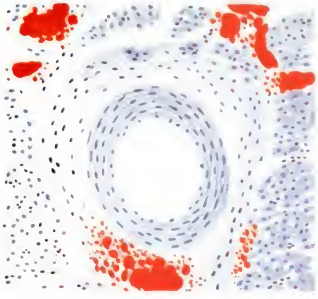


Fig. 1c

Fig. 1d

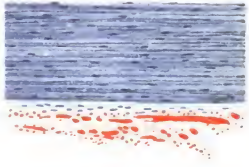


Fig. 2a

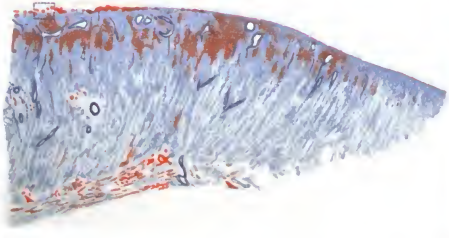


Fig. 2b

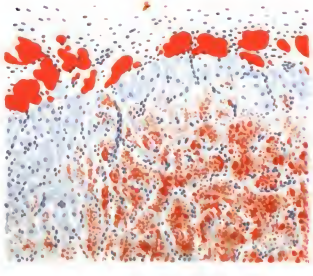
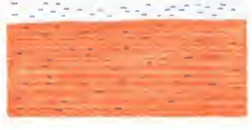


Fig. 2c

Fig. 2d



Über chronische Oxalsäurevergiftung bei Hühnern und deren Beziehung zur Ätiologie der Beri-Beri
von Dr. A. Treutlein.

Kgl. Univ. Druckerei von H. Stürtz, Würzburg A. Stuber's Verlag (C. Kabitzsch) in Würzburg

Digitized by Google

1. Normaler Herzmuskel.

a) Vergrösserung 1 : 10.

Der gleichmässig violett gefärbte Herzmuskel lässt deutlich fibrilläre Anordnung erkennen, an der Oberfläche leuchtend rote schollig homogene Fettmassen aufgetragen, welche sich noch bis zu geringer Tiefe zwischen den Muskelbündeln herein erstrecken. In der Tiefe des Muskels finden sich ebensolche homogene schollige leuchtend rote Fettmassen in den Zügen der interstitiellen Bindegewebes und in dem die Gefässe umgebenden interstitiellen Bindegewebe.

b) Vergrösserung 1 : 150 (markierte Stelle aus 1 a).

Das Bild zeigt deutlich blau gefärbte Muskelzellen mit dunkel gefärbten Kernen derselben, ein grösseres Gefäss, dessen Muskularis der Wandung deutlich blau gefärbte Kerne erkennen lässt, in dem das Gefäss umgebenden Bindegewebe intensiv rote tropfenförmige und schollige Fettmassen.

Normaler Nervus vagus.

c) Vergrösserung 1 : 15.

Das Bild zeigt deutlich blauviolette Färbung der ganzen Nervensubstanz, in welcher eine strangartige Anordnung der Achsenzylinder und stippchenförmige Anordnung der Kerne der Schwannschen Scheide zu erkennen ist. An der Oberfläche findet sich in dem Bindegewebe leuchtend rotes Fett.

d) Vergrösserung 1 : 150 (markierte Stelle aus 1 c).

Die blau gefärbten nebeneinander herlaufenden Stränge der Achsenzylinder sind deutlich zu erkennen, ebenso die etwas intensiver blau gefärbten Kerne der Schwannschen Scheide. Das Fett der bindegewebigen Nervenhülle zeigt tropfige bis schollige Anordnung und ist leuchtend rot gefärbt.

2. Degenerierter Herzmuskel.

a) Vergrösserung 1 : 10.

Hauptmasse des Herzmuskels blauviolett gefärbt, dazwischen Inseln und Keile von rotgelben Muskelpartien, in dem blau gefärbten Bindegewebeüberzug des Herzmuskels leuchtend rote Fettmassen.

b) Vergrösserung 1 : 150 (markierte Stelle aus 2 a).

In den blauviolett gefärbten, noch normalen Muskelpartien sind die Kerne intensiv blau gefärbt und zahlreich vorhanden. Die rot gefärbten Inseln und Keile des degenerierten Herzmuskels zeigen staubförmiges bis tropfiges rotbraunes Fett, und in diesen Partien sind die Muskelkerne fast völlig verschwunden und nicht mehr sichtbar. Die Kerne des Bindegewebes zwischen den einzelnen degenerierten Muskelbündeln sind jedoch noch deutlich blau gefärbt.

Degenerierter Nervus vagus.

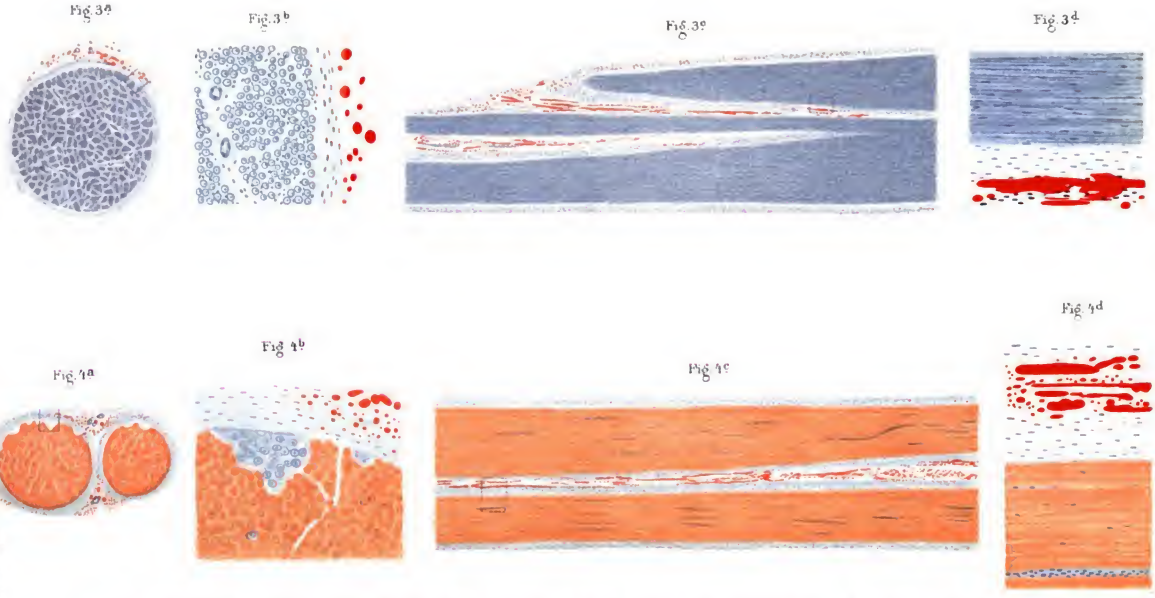
c) Vergrösserung 1 : 15.

Der in toto rotbraun gefärbte Nerv lässt keine Spur Achsenzylinder mehr erkennen, auch Kerne der Schwannschen Scheide sind nicht zu erkennen, das die Nerven umgebende Bindegewebe ist intensiv blauviolett gefärbt.

d) Vergrösserung 1 : 150 (markierte Stelle aus 2 c).

Die Nervensubstanz selbst ist eine homogene rotgelbliche Masse, aus welcher weder Achsenzylinder noch deutliche Kerne der Schwannschen Scheide hervorstechen. Nur vereinzelte bläuliche Kerne feinster, zwischen den Nervensträngen verlaufender Gefässchen sind zu erkennen; ebenso spärliche Kerne der blau gefärbten Bindegewebshülle des Nerven.

Digitized by Google



Über chronische Oxalsäurevergiftung bei Hühnern und deren Beziehung zur Ätiologie der Beri-Beri

von Dr. A. Treutlein.

Kgl. Univ. Druckerei von H. Stürtz, Würzburg.

A. Stuber's Verlag (C. Kabitzsch) in Würzburg

Digitized by Google

3. Normaler Nervus ischiadicus (Querschnitt).

a) Vergrö sserung 1 : 15.

Der Querschnitt zeigt in toto intensiv blauviolette Färbung, hingegen die Bindegewebshülle etwas zarteres Blau, ebenso die feineren Gefässchen innerhalb der Nervenbündel; in der bindegewebigen Hülle leuchtend rotes Fett.

b) Vergrösserung 1 : 150 (markierte Stelle aus 3 a).

Das Nervengewebe setzt sich zusammen aus einer blauviolett gefärbten Masse von dicht zusammen liegenden rundlichen Querschnitten der Markscheiden mit dem in der Mitte gelegenen Querschnitt der intensiver gefärbten Achsenzylinder. Die spärlichen Kerne der Bindegewebshülle sind zartblau gefärbt, das der Bindegewebshülle eingelagerte, leuchtend rote Fett ist grosstropfig bis schollig.

Normaler Nervus ischiadicus (Längsschnitt).

c) Vergrösserung 1 : 15.

Der intensiv blauviolett gefärbte Nerv lässt deutlich strangförmige Anordnung der Achsenzylinder erkennen, ebenso die leicht gestippten Kerne der Schwannschen Scheide, die Bindegewebshülle ist mehr zartblau gefärbt, in derselben leuchtend rote Fettmassen.

d) Vergrösserung 1 : 150 (markierte Stelle aus 3 c).

Die parallel verlaufenden Stränge der Achsenzylinder sind gut zu erkennen, die Kerne der Schwannsch. Scheide zahlreich und intensiv blau gefärbt. Das intensiv rote Fett der Bindegewebshülle zeigt tropfige bis schollige Anordnung.

4. Degenerierter Nervus ischiadicus (Querschnitt).

a) Vergrösserung 1 : 15.

Der in toto gelbrot gefärbte Nerv lässt keine deutliche Struktur mehr erkennen, an einigen Stellen der äussersten Peripherie dicht unter der zartblau gefärbten Bindegewebshülle vereinzelte Inselchen von blauviolett gefärbtem normalem Nervengewebe; in der Bindegewebshülle reichliche Massen leuchtend roten Fettes.

b) Vergrösserung 1 : 150 (markierte Stelle aus 4 a).

Die Hauptmasse des rotgelb degenerierten Nerven zeigt homogene rundliche Querschnitte von Markscheiden, Achsenzylinder nicht zu sehen; die blau gefärbten Inseln erhaltenen Nervengewebes zeigen deutlich intensiv blau gefärbte Markscheiden- und Achsenzylinderquerschnitte; in dem degenerierten Nervengewebe ganz vereinzelt noch erhaltene, blau gefärbte Querschnitte von Nervenfasern mit intensiv blau gefärbten Achsenzylindern. In der zartblauen Bindegewebshülle d. Nerven spärliche Kerne, das leuchtend rote Fett d. Bindegewebshülle ist grosstropfig bis schollig angeordnet.

Degenerierter Nervus ischiadicus (Längsschnitt).

c) Vergrösserung 1 : 15.

Der in toto rotgelb gefärbte Nerv präsentiert sich als eine homogene Masse, in welcher man weder Achsenzylinder noch Kerne der Schwannschen Scheide erkennen kann. Nur einige blau gefärbte feinste Gefässchen sind zwischen die Nervenhüllen eingeschlagen. Die Bindegewebshülle ist zartblau gefärbt, in derselben leuchtend rote Fettmassen.

d) Vergrösserung 1 : 150 (markierte Stelle aus 4 c).

Die Nervensubstanz besteht aus einer homogenen gelbrötlichen Masse, welche noch etwas streifige Anordnung erkennen lässt, in der man jedoch keine blauviolett gefärbten Achsenzylinder und keine deutlichen Kerne der Schwannschen Scheide sehen kann. In der Bindegewebshülle spärlich blaue Kerne; das Fett der Bindegewebshülle zeigt leuchtend rote, grosstropfige bis schollige Massen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Anatomie einiger Gramineenwurzeln des Würzburger Wellenkalks.

Von
Franz Contzen.

Die Würzburger Flora, speziell das Florengebiet nördlich von Würzburg auf den Muschel- und Wellenkalkhügeln, bildete den Gegenstand häufiger Untersuchungen, die von Professor *Kraus*[1]) und seinen Schülern ausgeführt wurden. Die Arbeiten erstreckten sich bis jetzt hauptsächlich auf oberirdische Organe. In allen Befunden zeigte sich der xerophytische Charakter der Flora und die Anpassung der einzelnen Pflanzen an die xerophytische Lebensweise. Die unterirdischen Organe zeigen ein nicht minder interessantes Leben und eine gleiche Anpassungsfähigkeit. Daher sollten einmal sie, speziell die Wurzeln der Gramineen, einer eingehenden Untersuchung unterzogen, ihr anatomischer und histologischer Bau beschrieben werden.

Nun hat Professor *Kraus* darauf aufmerksam gemacht[2]), dass die Wurzeln derselben Gräser einen verschiedenen anatomischen Bau zeigen, wenn sie nur an verschiedenen Stellen des Wellenkalks ge-

[1]) *G. Kraus*, Aus der Pflanzenwelt Unterfrankens: I. Johann Michael Fehr und die Grettstadter Wiesen. II. *Bott*, Über den Bau der Schlehkrüppel. III. *Lippold*, Anpassung der Zwergpflanzen des Würzburger Wellenkalkes nach Blattgrösse und Spaltöffnungen. IV. *Kanngiesser*, Über Alter und Dickenwachstum von Würzburger Wellenkalkpflanzen. V. *Kraus*, Anemometrisches vom Krainberg bei Gambach. Schlussworte zu *Fehrs* Tempe. VI. *Kraus*, Über den Nanismus unserer Wellenkalkpflanzen. VII. Vicia Orobus und ihre Heterotrichie. VIII. *Kraus*, Die Sesleria-Halde.

[2]) *Kraus*, Über spezifische Wurzelstrukturen. Sitzungsberichte der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg. 5. Februar 1903.

Digitized by Google

wachsen sind, einen verschiedenen Bau, der vor allem in dem Verhalten der Rinde, der Ausbildung des Festigungsgewebes, der Weite der Gefässe zum Vorschein kommt. All dies sollte ich einer näheren Prüfung unterziehen. Daher war zunächst eine grössere Anzahl Gramineen von den verschiedensten Standorten zu sammeln.

Die Gräser des Würzburger Wellenkalks sind alle perennierend und bedecken nicht in geschlossener Narbe den Boden, sondern treten büschelartig bald hier, bald dort ein kleines Rasenpolster bildend, auf. Die Spezies, die als Bürger der hiesigen Flora, als mit charakteristischen Merkmalen begabt, in diese Untersuchung gezogen wurden, sind folgende:

Sesleria coerulea, Melica ciliata, Koeleria cristata, Brachypodium pinnatum, Stipa pennata und capillata, Festuca ovina, Phleum Böhmeri als Vertreter der Wellenkalkflora; Aira flexuosa, Andropogon Ischaemum auf Sandboden, Molinia coerulea auf Buntsandstein gewachsen.

Mit dem anatomischen Bau der Gramineenwurzeln hat sich *Klinge* in seinen vergleichenden Untersuchungen[1]) eingehend befasst, so dass es eigentlich überflüssig erscheinen könnte, noch einmal das gleiche Thema zu behandeln. Doch berücksichtigen die Klingeschen Untersuchungen nicht die Beziehungen der einzelnen Spezies zum Standort; meistens sind sie wohl an je einem Exemplar ausgeführt, die dabei gefundenen Resultate verallgemeinert, doch zeigt uns jede Wurzel, ich möchte sagen, ein mehr oder weniger individualisiertes Leben, bedingt zum Teil durch die ganzen äusseren Verhältnisse und augenfällig sichtbar an dem ganzen anatomischen Bau. Denn die Pflanzen sind lebende Organismen, die nicht wie z. B. die Kristalle in stets gleichen Formen erscheinen, sondern kraft eines ihnen innewohnenden Bildungstriebes nach eigenen Gesetzen sich entfalten und gestalten. Die Unterschiede allerdings sind natürlich nicht gross, doch immerhin vorhanden.

Sämtliche untersuchten Gramineenwurzeln sind äusserlich von einer gallertartigen Schleimschicht eingehüllt. Dieselbe nimmt manchmal bedeutende Dimensionen an, so dass sie makroskopisch wahrnehmbar wird und nicht bloss andeutungsweise durch die anhaftenden Erdpartikelchen. Wäscht man nämlich die frisch gegrabenen Würzelchen nicht ab, sondern bringt sie, nachdem man sie oberflächlich

[1]) *J. Klinge*, Vergleichend histologische Untersuchung der Gramineen und Cyperaceenwurzeln, insbesondere der Leitbündel: Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St. Petersbourg. VII Série. Tome XXVI. Nr. 12.

Digitized by Google

durch Schütteln gereinigt hat, gleich in Alkohol, so bleibt die Gallertmasse vollkommen erhalten. Bei Sesleria, Koeleria, Melica, Brachypodium erreichte die Schleimmasse etwa die Dicke der ganzen Rindenschicht, bei keiner fehlte sie ganz, bald ist sie mehr, bald weniger vorhanden. Der Schleim erscheint in Alkohol gallertartig, gelblich braun, beim Liegen in Wasser verquillt er. Legt man einen Schnitt von einer der genannten Gramineen in einen Tropfen Wasser, in dem fein verriebene Tusche sich befindet, so treten die Schleimmassen von der Tusche scharf abgehoben als helle Flecke deutlich hervor. Schnitte, die nach der A. Meyerschen Methode, angegeben in der „Wissenschaftlichen Droguenkunde", zuerst mit 25% Kupfersulfatlösung ½ Stunde behandelt, dann ausgewaschen und mit 50% Kalilauge betupft waren, zeigten den Schleim nicht deutlich blau gefärbt, sondern hatten bloss einen bläulichen Schimmer.

Mit Methylenblaulösung färbt sich der Schleim nach Härtung mit Bleiacetat oder Alaun schwach blau, mit Ruthenium rot, mit Korallinsoda nach längerer Einwirkung rosa. Will man aus der Färbung mit diesen Stoffen einen Schluss auf die chemische Natur des Schleimes ziehen, so ist er nicht einheitlich, sondern nach der Mangin'schen Einteilung[1]) aus Pektin- und Calloseschleim zusammengesetzt. Irgend eine Struktur oder Schichtung ist in dem Schleim nicht wahrnehmbar. Die Schleimmassen entstehen durch Verschleimung der äusseren Membran; ob aber dieser Vorgang allein imstande ist, die beträchtliche Menge Schleim zu liefern, oder ob das Protoplasma bei der Bildung desselben beteiligt ist, indem es schleimbildende Stoffe an die äussere Tangentialwand ähnlich wie membran-verdickende Substanzen befördert, so dass hier Schleimbildung statt Membranverdickung eintritt, ist noch eine ungelöste Frage.

Schleim bekleidet nicht nur die Epidermis, sondern auch die Verwölbungen der Epidermis: die Wurzelhaare. Zwar sind die Schichten, die hier gebildet sind, bei weitem nicht so stark wie bei Epidermis selber; doch geben sie alle oben angeführten Reaktionen. Wie *Frank Schwarz*[2]) S. 142 nachgewiesen hat, entstehen sie aus der äussersten Lamelle des Wurzelhaares. Durch seine leichte Quellbarkeit, eine Eigenschaft, auf die *Frank Schwarz* S. 143 aufmerksam macht, ist der Schleim imstande, kleine Körnchen und Erdpartikelchen

1) Mangin in Bull. Soc. Bot. de France. T. XLI, 1894, p. XL 559.

2) *Frank Schwarz*, Die Wurzelhaare der Pflanzen. Untersuchungen des bot. Instituts Tübingen. Bd. 1. 1881—85.

Digitized by Google

zu umfliessen und so in innigen Kontakt mit den Haaren resp. den absorbierenden Epidermiszellen zu bringen, die ihrererseits die vorhandenen Nährstoffe aus denselben aussaugen. Doch diese Funktion des Schleimes erklärt nicht sein massenhaftes Auftreten in alten Wurzeln. Hier steht er nicht mehr im Dienste der Ernährung, sondern er dient als Schutzmittel gegen Austrocknung.

Ein Vergleich, den man mit gelöster und erstarrter Gelatine anstellt, macht die schützende Tätigkeit deutlich. Denn wie hier an der Oberfläche beim Stehen an der Luft die oberste Lage ihr Wasser abgibt, infolgedessen brüchig und rissig erscheint und durch Bildung einer trockenen Kruste weiteres Verdunsten von Feuchtigkeit aus untern Regionen verhindert, ebenso geschieht es bei diesen Schleimmassen, die die unter ihnen liegenden Gewebeschichten vor jeglicher Austrocknung schützen.

Sämtliche Wurzeln der untersuchten Gramineen werden von einer Wurzelhaube bedeckt; diese ist bei den untersuchten Exemplaren relativ klein, durchschnittlich 1 mm gross. Das Gewebe derselben ist zart und die einzelnen Zellen derselben sind in Sichelform angeordnet, genau wie es die bekannten Abbildungen im Strassburgerschen Praktikum S. 323 für Triticum zeigen.

De Bary[1]) hat für Triticum, Zea, Hordeum den Ursprung der Epidermis und der Rindenzellen aus einer Initiale nachgewiesen; verfolgt man auf medianen Längsschnitten durch die Wurzelspitze bei unsern untersuchten Gramineen den Verlauf der Epidermiszellen bis zu ihrer Mutterzelle, so erhält man die gleichen Bilder wie die von *de Bary* für Zea gegebene. Deutlich sieht man, dass Epidermis und Rinde aus einer Initiale ihren Ursprung nehmen, dass hinter dem Scheitel diese sich durch eine Tangentialwand in zwei Zellen differenziert; aus der einen geht die Rinde, aus der andern die Epidermis hervor. In einem sehr frühen Stadium, wenn noch Zellen der Wurzelhaube die Epidermis bedecken, haben die Epidermiszellen schon ihre fertige Form und Gestalt angenommen. Auf dem Querschnitt erscheinen sie in lückenlosem Verbande, gewöhnlich pentagonal, selten tetragonal mit vorgewölbter Aussenwand und gebrochener gleichsam zu einer Spitze ausgezogenen innern Tangentialwand. Die Radialwände stehen meistens in genau radialer Richtung der Wurzel; manchmal so bei Stipa capillata, Melica ciliata sind sie aus dieser Lage etwas verschoben; die Querschnittsform der Epidermiszellen er-

[1]) *De Bary*, Vergleichende Anatomie S. 11.

Digitized by Google

scheint hier rhombusähnlich, wobei die breitere Seite des Rhombus bald nach aussen bald nach innen gerichtet ist. Auffallend war die Form der Epidermiszellen bei einigen Seslerien; dieselben erschienen trichterförmig mit breiter, vorgewölbter Aussenwand, spitz zulaufender Radial- und sehr kleiner innerer Tangentialwand. Die Grössenverhältnisse sind bei den Spezies wechselnd. Die meisten haben ihre Zellen in radialer Richtung gestreckt; bei Brachypodium erscheinen sie isodiametrisch oder sogar in tangentialer Richtung gestreckt. In Zahlen ausgedrückt, erhalten wir für die Grössenverhältnisse der Epidermis folgende Werte:

Andropogon Ischaemum L. radialer Durchmesser 17, tangentialer Durchmesser 14 μ.

Stipa capillata
Stipa pennata } rad. 21 μ tang. Durchm. 12—15 μ.

Phleum Böhmeri rad. Durchm. 35 μ tang. Durchmesser 17 μ.
Aira flexuosa L. rad. Durchm. 28 μ tang. Durchmesser = 18 μ.
Sesleria coerulea rad. 38,5—52 μ tg. 22,2 μ.
Koeleria cristata Pers. rad. 27 μ tg. 21,4 μ.
Melica ciliata L. rad. 17,5 μ tg. 14 μ.
Festuca ovina rad. 24,5 μ tg. 15—18 μ.
Brachypodium pinnatum P. B. rad. 14,5 tg. 16,5 μ.

Bemerken möchte ich, dass die angegebenen Zahlen die Mittelwerte von je sechs Messungen sind, die an Pflanzen von den verschiedensten Standorten ausgeführt wurden. Die Messungen selber sind vorgenommen mit einem Zeissschen Messtrommelokular: Kompensationsokular VI und den Objektiven D D und F; die Vergrösserung dieser Kombination beträgt für die D D-linse $^1/_{330}$, für die F-linse $^1/_{780}$. Bei Dickenmessungen von Wänden, bei denen die Wandstärke gering war, wurde das Zeisssche Okularschraubenmikrometer verwendet, bei dem ein Trommelintervall einem Werte von 0,13 μ bei der „F"linse entspricht. Wechselnd wie die Grössenverhältnisse auf dem Querschnitt, erscheinen dieselben auch auf dem Längsschnitt. Bald sind die Zellen sehr kurz, so dass sie etwa bloss doppelt so lang als breit sind, so bei Stipa pennata, capillata; meistens übertrifft der Längsdurchmesser den Querdurchmesser um ein vielfaches. Die Grössenverhältnisse auf dem Längsschnitte gestalten sich in Zahlen folgendermassen: Andropogon Isch. 105 μ. Stipa cap. et pen. 35 μ. Aira flexuosa 102,5. Sesleria coer. 168 μ. Koeleria cristata 120 μ. Melica 105 μ. Festuca ovina 78,5 μ. Brachypodium 35—40 μ.

Die Querwände der einzelnen Epidermiszellen sind auf dem

Digitized by Google

Längsschnitt bei Triebwurzeln gerade oder höchstens wenig schräg gestellt, bei ältern soweit die Epidermiszellen überhaupt vorhanden sind, mehr oder weniger schräg.

Bekanntlich ist die Hauptfunktion der lebenskräftigen und funktionsfähigen Epidermis, als Wasser und Salz absorbierendes Organ zu dienen. Um diese Aufgabe leichter erfüllen zu können, tritt Oberflächenvergrösserung durch die Wurzelhaare ein.

Viele Epidermiszellen wachsen in der Tat zu Wurzelhaaren aus. Wieviel von diesen gebildet werden, das hängt nach den Untersuchungen von *Frank Schwarz* [1]) hauptsächlich von der vorhandenen Feuchtigkeit und einer hinreichenden Zufuhr von Luft ab. Bedenkt man, dass die Triebwurzeln im Herbste und im ersten Frühling, die Saugwurzeln im ersten Frühling ihre grösste Anzahl von Wurzelhaaren bilden, zu einer Zeit also, wo Niederschläge in unsern Breiten häufig sind, und überlegt man ferner, dass unsre Gramineen Flachwurzler sind und auf steinigem Boden wachsen, wo die Luft durch die zahlreichen Ritzen reichlichen Zutritt hat, so finden wir damit die optimalen Bedingungen für die Entstehung und Ausbildung der Wurzelhaare geschaffen. In der Tat beweisen dies die gefundenen Zahlen.

Name der Pflanze	Wurzeldurchmesser mm	Anzahl der Haare auf 1 mm des Wurzelumfanges	Anzahl der Haare auf 1 qmm der Oberfläche
Andropogon	0,9	725	260
Stipa pen.	1,1	812	235
Phleum Bohmeri	0,740	492	211
Aira flexuosa	0,52	520	327
Sesleria coer.	—	—	—
Koeleria crist.	0,87	1010	370
Melica ciliata	0,61	390	206
Festuca ovina	0,595	613	322
Brachypod. pin.	0,74	732	329

Die Zahlen gelten für die Triebwurzeln der Gramineen und sind Mittelwerte von drei Zählungen, die auf Querschnitten in einer Entfernung von 0,5—1,5 cm von der Wurzelspitze gemacht sind. Für

[1]) *Frank Schwarz*, Die Wurzelhaare der Pflanzen. S. 149, 150.

Digitized by Google

die Nebenwurzeln ergeben sich ähnliche Werte, auch hier bedecken die Haare gleich wie ein Filz die Würzelchen.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, bildet Sesleria überhaupt keine oder sehr spärlich Wurzelhaare, nur bei dem Exemplar, das im hiesigen botanischen Garten gewachsen war, sah ich dieselben, wenn auch wenige. Für die mangelnden Wurzelhaare haben sich die Epidermiszellen papillös vorgewölbt und erreichen eine Grösse von 52 μ in radialer Richtung; bei dem Gartenexemplar betrug dieselbe nur ca. 30 μ.

Das einzelne Wurzelhaar entsteht durch Hervorwölbung der äussern Tangentialwand der Wurzelepidermis; meistens stülpt sich ein kleiner, scharf umgrenzter, der Wurzelspitze zugekehrter Teil der äussern Tangentialwand vor, manchmal aber so bei Andropogon Isch. tut es die ganze Wand, und später erst wächst ein kleiner bestimmter Teil zum Haare aus, so dass das Wurzelhaar gleichsam auf einem Sockel sich erhebt. Die Zellen der Wurzelepidermis, aus denen Haare hervorwachsen, erscheinen durchgängig kleiner als die übrigen auf dem Querschnitte in tangentialer, auf dem Längsschnitt in der Höhenrichtung. Um nur ein paar Beispiele anzuführen, so beträgt bei Koeleria cristata auf dem Querschnitt der tangentiale Durchmesser der nicht zu einem Haare ausgewachsenen Zelle 21,4 μ, der zu einem Haare ausgewachsenen 15 μ, Länge der gewöhnlichen Zelle 120 μ, der zum Haare ausgewachsenen 90 μ.

Melica ciliata. gewöhnliche Wurzelepidermiszelle tg. Durchm. 22 μ, Längsdurchm. 105 μ, bei den zu Haaren ausgewachsenen: tg. Durchm. 14 μ, Längsdurchm. 75 μ.

Aira flexuosa. tg. Durchm. der gewöhnl. Zelle 18 μ. Längsdurchmesser der gewöhnl. Zelle 102,5 μ. tg. Durchm. der zu einem Haare ausgewachsenen Zelle 12 μ. Längsdurchm. derselben 35—40 μ.

Dass die Wurzelepidermiszellen, die zu Haaren ausgewachsen, kleiner sind als die übrigen, scheint nicht wunderbar, wenn man annimmt, dass die Stoffe, die die gewöhnlichen Epidermiszellen für ihren Aufbau benutzen, die Mutterzelle des Wurzelhaares für dessen Bildung verwenden muss.

Die Form des einzelnen Haares ist die eines geraden Schlauches, der häufig geschlängelt oder wurmförmig gekrümmt erscheint und bekanntlich senkrecht zur Achse des Mutterorgans wächst. Nach der Spitze zu verjüngt sich das Haar ein wenig, an seinem Ende ist es etwas verdickt, gleichsam mit einer Mütze bedeckt. Über die Grössenverhältnisse gibt uns die beifolgende Tabelle Auskunft.

Digitized by Google

Name der Pflanze	Länge des Wurzelhaares	Breite des Wurzelhaares		Wandstärke des Wurzelhaares	
		am Fusse	an d. Spitze	am Fuss	an d. Spitze
	μ	μ	μ	μ	μ
Andropogon Isch.	180	8	7	1,3	1,3
Stipa pennata	250	14	6	1,5	1
Stipa capillata	250	13	6	1,5	1
Phleum Böhmeri	220	12	7	1,48	1,4
Aira flexuosa					
Koeleria crist.	250—280	8,75	5	1,48	1,2
Melica cil.	190	11	9	1,4	1,1
Festuca ov.					
Brachypodium pin.	175—190	7	3	1,3	1

Bei der Absorption des Wassers und der in Wasser gelösten Substanzen spielt neben der Grösse der absorbierenden Fläche die chemische Zusammensetzung und die Dicke der Membran, durch die die aufzunehmenden Flüssigkeiten durch Osmose hindurchdiffundieren müssen, eine Hauptrolle. Da die Membran der Wurzelhaare sich genau wie die der Epidermis verhält, so mögen beide zugleich abgehandelt werden und was für die eine gilt, gilt ceteris paribus auch für die andere.

Kroemer[1]) hat in seinen Untersuchungen über die Wurzelhaut sich ausführlich mit der stofflichen Zusammensetzung derselben befasst und als Resultat gefunden, S. 20, dass eine Kutikula, d. h. eine im wesentlichen aus Kutin bestehende Lamelle bei der Wurzel niemals gebildet wird.

Wie aber ist die Wurzelepidermis unserer Gräser gebaut? In jüngeren Stadien d. h. bei Querschnitten, die 0,5—2,5 cm von der Wurzelspitze von diesjährigen Triebwurzeln geführt waren, kann man eine innere, eine äussere Lamelle und eine zwischen beiden liegende strukturlose Schicht unterscheiden. Die innere Lamelle ist fein und zart 0,2 μ stark und in ihrem Verlauf in äusseren, inneren Tangential- und den beiden Radialwänden sichtbar und in allen gleich stark.

Bei Melica, Koeleria, Sesleria färbt sie sich mit Chlorzinkjod schwach violett, bei Stipa, Phleum erscheint sie im jungen Zustande schon dunkel konturiert, nimmt keine bestimmte Färbung an, löst

[1]) *Kroemer*, Wurzelhaut, Hypodermis und Endodermis der Angiospermenwurzel. Bibliotheca botanica Heft 59, 1903.

Digitized by Google

sich nicht in H_2SO_4. In älterem Zustande verholzt sie bei Koeleria, Melica, Phleum, Stipa, d. h. sie färbt sich mit Phlorogluzin und Salzsäure rot, mit Anilinhydrochlorat gelb und löst sich nicht mehr in konzentrierter H_2SO_4. Die zweite äussere Lamelle erscheint bei allen untersuchten Gramineen dunkel tingiert, ist ebenfalls 0,2 μ dick, läuft aber bloss über die äusseren Tangentialwände hin; sie erfährt in ihrem geraden Verlaufe über den zwei Epidermiszellen gemeinsamen Radialwänden eine Knickung, biegt aber nicht in dieselben ein. Mit den gebräuchlichen Reagenzien färbt sie sich nicht, ist auch nicht löslich in H_2SO_4, dagegen wohl in Chromsäure. In einer Entfernung von 3—5 cm bei den einzelnen Wurzeln variiert die Entfernung — — ist sie nicht mehr vorhanden.

Dieselbe Lamelle hat *Kroemer*, S. 16, bei Zea Mais gesehen und er fasst sie wohl mit Recht als Residuum der Grenzlamelle zwischen Wurzelepidermis und Wurzelhaube auf. Die zwischen beiden liegende Schicht oder wo die äussere Lamelle nicht vorhanden ist, die äussere Schicht läuft ebenso wie die innere um sämtliche Wände herum, doch biegt sie nicht in ihrer ganzen Stärke in die Radialwände ein. Auf diesen erscheint sie keilförmig, auf der inneren Tangentialwand dagegen gleichmässig dick. Auf den äusseren Tangentialwänden ist sie es, die die aufliegenden Schleimmassen liefert. Welche Partie von ihr schon zu der Schleimmasse gehört, ist auf Querschnitten nicht klar ersichtlich; denn nicht durch eine scharfe Grenzlinie sind beide voneinander getrennt und abgegrenzt, sondern sie gehen allmählich ineinander über.

Namen	Dicke der Wand an der äusseren Tangentialwand μ	Dicke der Wand an der inneren Tangentialwand μ
Andropogon Isch.	1,4	0,5
Stipa pennata	1,5	0,6
Stipa capillata	1,5	0,6
Phleum Böhmeri	0,9	0,4
Sesleria coerul.	1,5	0,8
Koeleria crist.	1,2	0,6
Melica ciliata	1,4	0,35
Festuca ovin.	0,88	0,38
Brachypod. pin.	1	0,6

Digitized by Google

Was den Inhalt der Wurzelepidermiszellen anbelangt in den jungen Teilen der Triebwurzeln, so fand ich die Zellen in jungem Zustand sehr plasmareich; bei Schnitten, die an Triebwurzeln in der Entfernung von ca. 8 cm von der Spitze, bei älteren Haftwurzeln in der Entfernung von 2—3 cm von der Spitze geführt wurden, hielt es schon schwer, den Inhalt zu erkennen, doch konnte ich durch Plasmolyse mit Kaliumnitratlösung noch den wandständigen Cytoplasmaschlauch feststellen. Bei alten Wurzeln, bei denen überhaupt noch die Epidermis vorhanden war, war kein Inhalt mehr sichtbar und es drängt sich da die Frage nach dem Schicksal der Epidermis auf. Zu einem langdauernden Leben sind diese radialgestreckten, grossen Zellen mit ihren relativ dünnen Wänden von Hause aus nicht eingerichtet. So sieht man sie denn auch früh absterben; die Zellen verlieren den Turgor und werden zusammengepresst. Bei manchen Triebwurzeln schon in der Entfernung von 8—10 cm, z. B. bei Brachypodium, Andropogon Isch., sind die Zellen kollabiert; bei anderen geschieht das Zusammenfallen etwas später. Erhalten war die Wurzelepidermis bei Koeleria und Stipa, doch war hier die innere Lamelle durch Einlagerung von Holzstoffen resistenter geworden. Die Zellen selber waren auch tot und nur als blosses Gerippe erhalten geblieben.

In seinen vergleichenden Untersuchungen war *Klinge*, direkt unter der Epidermis, eine Zellschicht aufgefallen, die von grossen hexagonalen dünnwandigen Zellen gebildet wird, die sich in ihrem Bau nicht wesentlich von der Epidermis unterscheidet, die aber genetisch in keinem Zusammenhang mit ihr steht (*Klinge* S. 4). Eine solche Schicht findet sich auch bei einer Anzahl der von mir untersuchten Gramineen. Vor uns haben wir ein Hypoderm, eine Interkutis im Sinne *Kroemers* und zwar eine einheitliche, einschichtige, d. h. ein Gewebe, das eine Zelllage stark aus ungefähr gleich grossen und gleichgestalteten Zellen gebildet wird und interstitienlos sich an die Epidermis anschliesst. Die einzelnen Zellen dieser Hypodermis sind bei den verschiedenen Spezies verschieden; gewöhnlich haben sie hexagonale, selten polyedrische Form und sind an die Epidermis auf dem Querschnitte in der Weise angeordnet, dass ihre radialen Wände auf die Spitze der gebrochenen Kante der inneren Tangentialwände der Epidermis treffen; ist diese gerade, so treffen sie auf die Mitte derselben.

Eine derartige Anordnung setzt ungefähr gleich grosse Zellen der Wurzelepidermis und -hypodermis in tangentialer Richtung voraus. Wir finden sie bei Sesleria, Stipa, Festuca, Phleum. Bei Andro-

Digitized by Google

pogon übertreffen die Hypodermiszellen die Epidermiszellen in tangentialer Richtung an Grösse; die einzelne Zelle der Hypodermis ist hier isodiametrisch, häufig etwas in tangentialer Richtung gestreckt. Die Hypodermis grenzt dann so an die Epidermis, dass gewöhnlich die vordere, gewölbte Tangentialwand der Hypodermis drei Zellen der Epidermis gleichsam trägt. Auf dem Längsschnitt erscheinen die Hypodermzellen mehr oder weniger tafelförmig mit geraden oder wenig schräg gerichteten Wänden. Bei alten Wurzeln sind die Wände durchweg schräg gestellt.

Was die Wandstärke der Hypodermzellen anbelangt, so ist sie bei den Gramineen sehr dünn.

Name	Querschnitt der Hypodermis		Längendurchmesser der Hypodermis	Wandstärke
	radial	tangential		
	μ	μ	μ	μ
Andropogon Isch.	15	19,5	105	0,7
Stipa pennata	19	16	125	0,8
Stipa capillata	20	16	125	0,8
Phleum Böhm.	13,5	16,5	130	0,7
Aira flexuosa	27	21	110	0.7
Sesleria coerulea	28,5	22	140	0,8
Festuca ovina	26	17	115	0,9–1

Über den chemischen Aufbau der Wände der Hypodermis gewinnen wir am ersten Aufschluss, wenn wir aufeinanderfolgende Querschnitte vergleichen. Die stoffliche Natur der Lamellen, die die Hypodermis bilden, hat *Kroemer* in neuester Zeit aufgedeckt; dort findet sich auch in dem historischen Überblick die ganze Literatur, die bis jetzt über den Gegenstand erschienen ist, zusammengetragen.

Bei unseren Gramineen kann man einen Primär- und Sekundärzustand der Hypodermis unterscheiden. Je nachdem die äusseren Verhältnisse günstig sind, dauert der erstere kürzere oder längere Zeit und ist bloss ein Übergangsstadium zu dem letzteren.

Im primären Zustand besteht die Zellwand der Hypodermis aus Stoffen, die mit Chlorzinkjod keine deutliche Färbung geben, erst wenn man die Schnitte nach der Angabe von *Kroemer* (Wurzelhaut etc. S. 7 und 8) in Eau de Javelle legt, dann mit stark diluierter Salzsäure behandelt und schliesslich mit destilliertem Wasser mehrmals auswäscht, färbt sich die Zellwand mit Chlorzinkjod violett.

Digitized by Google

Durch die Javellebehandlung werden die Pektinstoffe, die das Eintreten der Färbung mit Chlorzinkjod verhindern, herausgelöst. Bei einer Anzahl von Triebwurzeln fand ich diesen Zustand noch im Abstand von 8 cm von der Spitze erhalten, z. B. bei Sesleria, Festuca; bei anderen, z. B. bei Andropogon, begann schon im Abstand von 0,8 mm von der Spitze eine Veränderung mit der Zellwand einzutreten; sie beginnt zu verholzen und gab die Phlorogluzinreaktion. Die Verholzung tritt aber bei allen Zellwänden der Interkutis ein, bei den einen früher, bei den anderen später.

Die Verholzung beginnt nun nicht gleichzeitig auf allen Seiten der Hypodermiszelle einzutreten, sondern die äussere Tangentialwand fängt mit ihr an, allmählich setzt sie sich dann auf die radialen und inneren Tangentialwände fort, so dass, wenn man auf dem einen Schnitt nur die äussere Tangentialwand verholzt findet, auf dem nächstfolgenden oder dem nächstnächstfolgenden auch die inneren Wände die Phloroglucinreaktion geben. Sind aber die Wände verholzt, dann schickt sich die Wurzel an, Suberinlamellen fast gleichzeitig in allen Zellen aufzulagern — Lamellen, die unlöslich sind in Schwefel- und Chromsäure und mit Sudanglyzerin (*Kroemer* S. 9) rot gefärbt werden. Die Lamelle selber ist dünn, 0,3—0,4 μ. Mit der Anlage der Suberinlamelle ist aber das Wachstum der Zellwand noch nicht abgeschlossen, sondern es werden noch, wie schon *von Höhnel*[1]) gezeigt hat, noch Celluloselamellen aufgelagert, die aber bei unseren Gramineen dünn bleiben, stofflich sich verändern und Holzstoffe einlagern.

Bei Koeleria, Melica, Brachypodium konnte ich mich nicht recht entschliessen, die unter der Epidermis liegende Zellschicht als Hypoderm aufzufassen, obwohl auch hier die Zellen zum Teil durch ihre Form sich von den Rindenzellen unterscheiden. Doch die meisten Zellen dieser Schicht ähneln in ihrem Äussern so den Rindenzellen, dass ich sie bei ihnen erwähnen werde. Zwar legen auch hier die Zellen eine Suberinschicht, die nach *Kroemer* das Hauptcharakteristikum der Hypodermis ist, an, doch sah ich die Korkschicht bei Melica in der nächstfolgenden Rindenschicht statt in der auf die Epidermis folgenden sich auflagern. Ich bezeichne daher bei den genannten Pflanzen diese Schicht als äussere Rindenschicht.

Seit altersher ist man gewöhnt, die Rinde in Aussen- und Innenrinde einzuteilen. *Klinge*, der in seinen vergleichenden Untersuchungen

[1]) *von Höhnel*, Über den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt. Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie zu Wien. Math.-naturw. Klasse, LXXVI. Bd. 1. Abt., 1877, S. 507.

Digitized by Google

der Rinde der Gramineen eine grosse Aufmerksamkeit zu Teil werden lässt, macht unter Zugrundelegung dieser Einteilung folgende Unterabteilungen: Er unterscheidet S. 7 u. flgd.:

I. Wurzeln, bei denen die Aussenrinde eine Schicht bildet von Polygonalzellen, die ohne Interzellularen aneinanderstossen, deren Innenrinde ebenso gebaut ist wie die Aussenrinde, bloss dass hier Interzellularen vorhanden sind.

Wurzeln dieser Art können nach *Klinge* weiter eingeteilt werden, in solche, bei denen die Rinde dauernd erhalten bleibt oder in solche, bei denen die Rinde mehr oder weniger vollkommen verschwindet.

II. Die 2. Abteilung der Klingeschen Einteilung umfasst die Wurzeln mit sklerenchymatisch verdickter Aussenrinde und einer Innenrinde, die aus radial übereinanderliegenden konzentrischen Zellreihen besteht, in der aber später Zerrungen und Reissungen eintreten, so dass bloss Aussen- und Innenrinde verbindende Zellbänder in radialer Richtung erhalten bleiben, von den von *Klinge* bei den Cyperaceen geschilderten Veränderungen sehe ich ab.

Freidenfelt[1]), der den anatomischen Bau der Wurzel in seinem Zusammenhang mit dem Wassergehalt des Bodens behandelt, betrachtet die Differenzierung in der Rinde vom biologischen Gesichtspunkte. Er kennt einen hydrophilen und einen xerophilen Rindentypus. Den ersteren charakterisiert er folgendermassen:

„Aussen- und Innenrinde scharf abgesetzt, erstere mehr oder weniger stark mechanisch ausgebildet, letztere radial und konzentrisch gebaut, in ihrem äussern Teil Interzellularen und im ältern Stadium durch meist regelmässige Kollabierung entstandene Lakunen hegend, in ihrem innern Teile im Vergleich zu dem folgenden Typus weniger stark oder gar nicht mechanisch ausgebildet. Der xerophile Rindentypus ist nach *Freidenfelt* wie folgt charakterisiert: Innen- und Aussenseite nicht scharf von einauder getrennt, letzere mechanisch oft gar nicht ausgebildet, erstere nicht regelmässig gebaut, ohne oder mit Interzellularen, ohne regelmässige Kollabierung, in ihrem innersten Teil stark mechanisch ausgebildet. Hier deckt sich der erste Typus von *Freidenfelt* mit dem zweiten von *Klinge*, und der zweite Freidenfeltsche mit dem ersten von *Klinge*. Unsere Untersuchungen erstrecken sich in ersterer Linie auf Pflanzen mit xerophytischer Lebensweise; diese müssten sich also in das 2. Freidenfeltsche Schema

[1]) *Freidenfelt*, Der anatomische Bau der Wurzel in seinem Zusammenhange mit dem Wassergehalt des Bodens. Bibl. botanic. Heft 61, S. 84.

Digitized by Google

einordnen lassen, zum Teil tun sie es auch, andere, z. B. Stipa capillata und pennata, die doch ausgesprochene Xerophyten sind, nähern sich in ihrem Bau dem hydrophilen Freidenfeltschen Typus, wieder andere z. B. Koeleria bildet zwischen beiden Typen mannigfache Übergänge. Zudem zeigen sich in jeder Wurzel eine Reihe von Besonderheiten und charakteristischen Eigentümlichkeiten, dass ich es vorziehe bei der Einzelbeschreibung auf das Rindgewebe jeder Pflanze näher einzugehen.

Was den Inhalt der Rindenzellen anbelangt, so besteht er bei Triebwurzeln natürlich aus körnigem Protoplasma, 6—8 cm von der Wurzelspitze ist er bloss als Wandschlauch erhalten; in ältern Wurzeln, soweit die Rinde überhaupt erhalten ist, ist sie ohne protoplasmatischen Inhalt. In solchem Zustand dient sie lediglich der Wurzel als schützender Mantel zuweilen aber auch, z. B. bei Brachypodium pinnatum, als Reservestoffbehälter: als Stärkespeicher.

Kristalle habe ich in der Rinde nur bei einer Koeleria gefunden, die auf dem Saupürzel bei Karlstadt gewachsen war, und zwar waren sie in Rosettenform angeordnet und bestanden aus oxalsaurem Kalk.

Der Bau der Epidermis und Rinde stimmt bei stärkern Nebenwurzeln vollkommen mit dem der Hauptwurzel überein, bei schwächern Nebenwurzeln I. Ordnung und solchen 2. Ordnung tritt eine mehr oder weniger grosse Reduktion der einzelnen Zellen sowie kleine Änderungen in der Lage derselben ein. In Einzelheiten verweise ich auf die Einzelbeschreibung.

Die innerste Rindenzelllage wird bekanntlich von der Endodermis gebildet. Als Grenzschicht zwischen Rinde und Zentralzylinder hat sie von jeher das grösste Interesse der Forscher erregt, und eine grosse Literatur ist über sie entstanden. Indem ich auf die mehrfach zitierte Arbeit von *Kroemer* verweise, wo sich die übrige Literatur verzeichnet findet, gehe ich zur Beschreibung der Endodermis unserer Wurzeln über. Bei den untersuchten Gramineen stehen die Zellen der Endodermis in lückenlosem Verbande unter sich und erscheinen auf dem Querschnitte bald isodiametrisch bei Brachypodium pin. Festuca ovina, bald mehr in tangentialer Richtung bei Melica cil., Phleum Böhmeri, bald mehr in radialer Richtung gestreckt: Koeleria crist., Sesleria coerulea. Die Radialwände korrespondieren mit denen der angrenzenden Rindenzellwände und erscheinen senkrecht zu der vordern graden Tangentialwand, gestellt, nur bei Melica cil. waren sie durchgängig schräg nach aussen gerichtet; die innere Tangential-

Digitized by Google

wand wölbt sich gewöhnlich in den Zentralzylinder etwas vor, oder auch sie erscheint zweimal gebrochen, so dass sie aus drei kurzen Flächen, die unter ziemlich stumpfen Winkeln aneinander stossen, besteht. Auf dem Längsschnitt erscheinen die Endodermzellen tafelförmig, mehrmal länger als breit. Die Querwände zwischen den einzelnen Zellen sind gerade oder nur wenig schräg gestellt.

Kroemer hat in den mehrfach erwähnten Untersuchungen S. 87 und flgde. die chemische Struktur der die Endodermislamellen bildenden Stoffe genau studiert und nach ihm kann man vier Entwickelungsstadien bei der Endodermis verfolgen. Sehen wir von dem Embryonalzustand ab, so besteht im Primärzustand die Endodermis bei den untersuchten Gramineen aus Zellen, die ihre definitive Grösse erreicht haben, deren Wände gleich stark erscheinen und eine Differenzierung von Lamellen auch auf der äussern tangentialen Wand nicht erkennen lassen. Auf den Radialwänden ist der Casparische Streifen in Form einer feinen gewellten Linie in der Nähe der inneren Tangentialwand sichtbar. Mit Phloroglucin färbt er sich rot, während die übrigen Wände auch mit Chlorzinkjod keine deutliche Reaktion ergaben. Schön deutlich war der Casparische Streifen zu sehen auf Schnitten, die in einer Entfernung von 2—5 mm von der Spitze geführt wurden; bei Schnitten in grösserer Entfernung war die Zellmembram etwas verdickt und der Casparische Streifen nicht mehr deutlich. Gleichzeitig mit der Verdickung war auch eine Veränderung in dem chemischen Aufbau des Lamelle eingetreten: sie verholzt und gibt die Phloroglucinreaktion. In diesem Zustande kann die Membran längere oder kürzere Zeit verweilen, dann aber tritt sie in den Sekundärzustand, d. h. sie lagert eine feine dünne Suberinlamelle auf allen Seiten der einzelnen Zellen gleichzeitig auf, auf die sich eine sich verändernde, meistens verholzende dünne Zellulosenlamelle schichtet. Auch der Sekundärzustand ist bloss vorübergehend; erst der Tertiärzustand ist der bleibende, der unmittelbar nach dem Sekundärzustand eintritt. Im Tertiärzustand werden zahlreiche Schichten nach den Untersuchungen *van Wisselinghs*[1]) durch Apposition auf die vorhandenen aufgelagert, Schichten, die bei den meisten Gramineen Holzreaktion geben; bei Andropogon Isch. sind sie verkieselt; bei Melica ciliata sind die innere Tangentialwand sowie die Radialwände verholzt, die äussere

[1]) *van Wisselingh*, La Gaîne du cylindre central dans la racine des Phanérogames pag. 109. Archives Néerlandaises Tom. XX, 1886.

Digitized by Google

kutinisiert. Häufig erscheinen die Schichten gelb gefärbt, bei andern weiss und stark lichtbrechend. Die aufgelagerten Schichten lassen deutlich eine Schichtung erkennen und sind von verzweigten Tüpfelkanälen durchzogen. Die einzelne Schicht gibt nach der Auflagerung stets Zellulosereaktion, verändert aber ihre Struktur, sobald eine neue Lage von Zellwandstoffen sich über ihr ausbreitet, so dass bei wachsenden Zellhäuten die jüngste mit Chlorzinkjod blau gefärbt, die darunter liegenden aber verholzt oder kutinisiert erscheinen. In alten Zellwänden ist auch die oberste Partie der Zellwände chemisch verändert. In welchem Spitzenabstand der Primär-, Sekundär- und Tertiärzustand beginnt resp. aufhört, das will ich bei der Einzelbeschreibung erwähnen. Gewöhnlich war das Verhältnis so ausgebildet, dass bei den schnell wachsenden Triebwurzeln der Primärzustand länger andauert als bei ältern Wurzeln, die ihr Längenwachstum abgeschlossen hatten; bei diesen fand ich schon wenige Millimeter hinter der Wurzelspitze den Tertiärzustand vollkommen entwickelt, während bei Triebwurzeln von Sesleria, Brachypodium an einzelnen Exemplaren noch in Entfernung von 6 cm von der Spitze der Primärzustand erhalten war.

Im Tertiärzustand der Endodermis werden die Verdickungsschichten, teils gleichmässig auf allen Wänden angelegt: O-scheiden im Sinne *Russows*[1]), teils werden die innern Tangentialwände und die Radialwände bei der Anlage der Verdickungsschichten bevorzugt: C-scheiden *Russows*. Diese verschiedenen Verdickungsformen stehen im Dienste der gleichen Sache, indem sie in erster Linie mechanischen Zwecken dienen; sie sind, wie *Schwendener*[2]) sagt, blosse Variationen der Konstruktion, welche als Festigungseinrichtung nahezu gleich rationell sind.

Eine O-scheide findet sich bei Phleum Böhmeri und Sesleria coerulea, doch herrscht bei letzteren namentlich bei ältern Wurzeln die Tendenz vor, die innere Tangentialwand mehr als Radial- und äussere Tangentialwände zu verstärken.

Bei allen übrigen haben wir ausgesprochene C-scheiden. Die Verdickungsschichten füllen zuerst die schärfern Ecken der Endodermis aus und runden dieselben ab, dann lagern sich immer neue Verdickungsschichten zunächst gleichmässig auf; sehr bald aber hat

[1]) *Russow*, Betrachtungen über das Leitbündel und Grundgewebe. Dorpat 1875, S. 72.

[2]) *Schwendener*, Die Schutzscheiden und ihre Verstärkungen in den „Gesammelten Abhandlungen" S. 127.

Digitized by Google

die äussere Tangentialwand ihre definitive Stärke erreicht, und die Verdickungsschichten werden von nun an auf die vordere Tangentialwand und auf die ganzen Radialwände oder nur Teile derselben aufgelagert. Die Radialwände erscheinen dadurch auf dem Querschnitt keilförmig.

Was die Durchlässigkeitsverhältnisse der Endodermis anbelangt, so ist *Kroemer* in seiner Abhandlung S. 143 der Ansicht, dass mit eintretender Verkorkung der Stoffverkehr zwischen Rinde und Leitbündel entweder ganz aufgehoben oder möglichst eingeschränkt wird. Wir finden, so sagt er, S. 143, den völligen Abschluss der Endodermis bei Gramineen- und Cyperaceenwurzeln, an Stellen, wo die Rinde beginnt ganz oder mit Ausnahme weniger Stellen abzusterben. Meine Untersuchungen haben mir aber gezeigt, und namentlich bei Koeleria ist es mir aufgefallen, dass die Endodermis schon im Tertiärzustand sich befand, während die Rinde und die Epidermis völlig intakt und noch mit lebenden Wurzelhaaren versehen war. Dass der Saftverkehr zwischen Rinde und Zentralzylinder noch längere Zeit auch nach Anlegung der Suberinlamellen in der Endodermis fortbesteht, darauf deuten auch die zahlreichen, häufig verzweigten Tüpfelkanäle, die die Tertiärschicht durchziehen. Typische Durchlasszellen, wie man sie bei vielen Wurzeln der Mono- und Dikotylen zu sehen gewohnt ist, sind nicht vorhanden. Mit dem Absterben der Rinde verschwinden auch die Tüpfel, so dass man von nun an die Endodermis als impermeabel bezeichnen kann.

Der Zentralzylinder besteht aus dem Perikambium, Gefässteil, Siebteil, den zwischen beiden liegenden parenchymatischen Elementen und einem innern Zellgewebe, das man bei Andropogon als Mark, bei allen übrigen mit *Klinge* als Leitzellen bezeichnen kann.

Lückenlos schliesst sich das Perikambium an die Endodermis an. Wo etwa durch die Raumverhältnisse kleine Zwischenräume zwischen den Zellen des Perikambiums und der Endodermis vorhanden sein sollten, sind sie durch Interzellularsubstanz, einer Masse, die im chemischen Aufbau aus Stoffen, wie die angrenzende Rindenschicht besteht, ausgefüllt. An die Endodermis grenzen die einzelnen Zellen des Perikambiums in der Weise an, dass gewöhnlich bei gewölbter zwei zuweilen drei, bei gebrochener Tangentialwand der Endodermis drei Zellen von ihr gleichsam ausstrahlen. Die Zellen des Perikambiums sind meistens nicht alle gleich gross und nicht gleichwertig. Schon der Umstand, dass bei den Gramineen die Nebenwurzeln aus den Perikambialzellen vor dem Siebteil ihren Ursprung nehmen, deutet

Digitized by Google

das an. Bei Aira flexuosa erscheinen die Perikambialzellen gleich gross, bei den übrigen verschieden. Stets sind die Zellen vor dem Siebteil grösser als die vor dem Gefässteil; meistens sind sie in radialer Richtung gestreckt, von polygonaler Gestalt; die Zellen vor dem Gefässteil sind ebenfalls polygonal, bei einigen in radialer Richtung gestreckt, bei andern von isodiametrischem Querschnitt. Zwischen den beiden Zellen finden sich hinsichtlich ihrer Grösse allmählige Übergänge, so dass die Perikambialzellen aus Zellen mit steigenden und fallenden Grössenverhältnissen zusammengesetzt sind, wobei aber vor dem Siebteil stets die grössten Zellen liegen.

Bei Sesleria, Koeleria, Festuca, Phleum grenzt an diese Pericykelschicht gleich der Siebteil direkt; bei Melica, Stipa pen. et capillata, Brachypodium, Andropogon liegt zwischen Siebteil und Endodermis noch eine zweite in nichts von dem Perikambium sich unterscheidende Zelllage; während ich sie bei Stipa, Melica, Andropogon stets fand, war sie bei Brachypodium nicht immer vorhanden. Vor dem Gefässteil liegen gewöhnlich zwei kleine Zellen, die durchgängig gleich gross erscheinen. Bei Stipa, Sesleria steigt die Zahl derselben auf drei, manchmal auf vier; dann sind die beiden nach aussen liegenden gleich gross, die innern aber variieren in der Grösse und sind kleiner als die äussern.

Die Länge der Perikambiumzellen sowohl der vor dem Sieb- wie Gefässteil schwankt bei sämtlichen untersuchten Pflanzen in engen Grenzen; durchschnittlich waren sie 100—130 μ lang, mit gerade oder schräg gestellten Querwänden und auf allen Seiten mit zahlreichen Tüpfeln versehen.

Hinsichtlich der Wandstruktur kann man auch bei den Perikambiumzellen einen Primär- und Sekundärzustand unterscheiden. Im ersten Falle sind die Zellen unverdickt und zeigen eine zwei Zellen gemeinsame Mittellamelle und eine Innenlamelle. Die erstere besteht im wesentlichen wieder aus Pektinstoffen, die letztere aus Cellulose. Mit den stofflichen Änderungen in der Endodermis geht eine solche der Perikambiumschichten Hand in Hand. Beide Lamellen verholzen und legen ausserdem Verdickungsschichten an. *Van Tieghem* erwähnt in seinem Traité de Botanique S. 692, dass die Perikambiumschichten sich erst viel später verstärken als die Endodermzellen, doch bei den hier an den Gramineen vorgenommenen Untersuchungen fand ich, dass das Dickenwachstum beider Zellschichten mit einander korrespondiert. Die Verdickungsschichten werden zunächst an den innern, dem Siebteil zugekehrten Wänden, dann aber auch an den

Digitized by Google

Radial- und äussern Tangentialwänden angelegt. Die aufgelagerten Verdickungsschichten sind bei denselben Pflanzen oft recht verschieden stark; bald nehmen sie relativ grosse Dimensionen an, bald bleiben sie geringer, bald werden sämtliche vier Wände gleichmässig verdickt, bald erstrecken sich die Verdickungsschichten bloss auf die Tangentialwände, während die Radialwände relativ dünn bleiben. Überall bei allen diesen Verdickungsschichten macht sich das Bestreben der Wurzel geltend, den Schutz für die Leitorgane des Gefäss- und Siebteils zu vergrössern. Damit die verdickten Zellwände nach dem Saftverkehr erhalten bleiben, sind sie mit zahlreichen kleinen runden oder ovalen Tüpfeln ausgestattet, die die Verbindung zwischen Perikambium und angrenzenden Zellen, mögen sie der Endodermis, dem Sieb- oder Gefässteil angehören, herstellen.

Der Siebteil besteht aus Zellkomplexen, die in derselben Zahl wie die Protoxylemzellen vorhanden sind und zwischen denselben eingelagert sich vorfinden. In fertig ausgebildetem Zustand besteht der ganze Siebteil aus 4—8 Zellen, deren Konfiguration für alle untersuchten Gramineen mehr oder weniger gleich erscheint. — Die Entwickelungsgeschichte dieser Zellen war schon häufig der Gegenstand eingehender Untersuchungen, so hat sich *Klinge* [1]), *Janczewski* [2]) mit derselben befasst, doch war es ihnen nicht möglich, den Entwicklungsgang der Phoemgruppen klarzulegen. Erst *Chauveaud* [3]) erkannte den Ursprung der ganzen Gruppe aus einer Initiale. Für Koeleria crist. und Melica ciliata habe ich die Entwickelungsgeschichte verfolgt und folgende Bilder bekommen. Beginnt man von der Wurzelspitze ab Serienschnitte zu machen, dann treten im Abstand von 1 mm von der Spitze, also an Stellen, wo die Wurzelhaube mit gewöhnlich 2 Lagen die Wurzelspitze bedeckt im Leitstrang unter der Perikambiumzone grössere Zellen auf, die durch eine Radialwand sich teilen. Die eine dieser Zellen teilt sich abermals durch eine schräg zu den übrigen gerichtete Wand; durch ungleiches Wachstum der Zellen wird dann die zuletzt abgeschnittene Zelle nach vorn dem Perikambium zu verschoben, so dass sie genau vor den beiden anderen gelagert ist. Sie erhält eine rhombusähnliche Form und ist zwischen zwei in radialer Richtung gestreckten Perikambiumzellen in der Weise ein-

[1]) *Klinge*, Vergleichende Untersuchungen. S. 35.

[2]) *Janczewski*, Études comparées sur les tubes cribreux. Ann. des sc. nat. 6 sér. Tome XIV. pag. 112.

[3]) *Chauveaud*, Recherches sur la mode de formation des tubes criblés dans la racine des monocotylédones. pag. 308 u. folgde. Annales des sciences natur. VII sér.

Digitized by Google

gekeilt, dass ihre Spitze auf die zwei Perikambialzellen gemeinsame Radialwand trifft.

Durch Wandverdickung, Perforation der Querwände bildet sie sich zur Siebröhre um; die beiden darüberliegenden Zellen, die *Chauveaud* als Cellules libériennes bezeichnet, behalten ihre Membranen relativ lange dünn und werden von einer grösseren Zelle gleichsam überkrönt, die sich zu einer Siebröhre direkt oder nach Auftreten von ein oder zwei Teilungswänden umwandelt. Teilungswände treten häufig auch noch in den beiden mittleren Zellen des Siebteils auf, so dass die Zellenzahl des Siebteils bis zu acht steigt. Was die Grössenverhältnisse anbelangt, so ist die äussere, rhombische Zelle die kleinste, nach innen zu nehmen die Zellen an Grösse zu. Dies Verhältnis traf bei allen untersuchten Spezies zu. In Zahlen ausgedrückt erhalten wir für die einzelnen Pflanzen folgende Werte: Andropogon Isch. besitzt durchschnittlich sieben Siebelemente. Die rhombische Zelle ist isodiametrisch 3 μ gross auf dem Querschnitt. Von den Flankenzellen teilt sich gewöhnlich die eine durch eine Tangentialwand, so dass wir zwei à 4 μ und eine 7 μ grosse Zelle finden. Die innerste Zelle hat durch radiale Teilung drei gleiche grosse Zellen von je 8 μ Durchmesser gebildet.

Stipa capillata. Der Siebteil besteht aus 8 Zellelementen bei der ausgewachsenen Wurzel, an den Flanken des Siebteils fallen stark lichtbrechende verdickte Zellen auf, die als Schutzorgane die feinen Siebelemente vor Druck und Zug bewahren. Von der Endodermis ist die rhombische Zelle durch zwei Reihen von Perikambialzellen getrennt; sie ist isodiametrisch, 5 μ auf dem Querschnitt gross.

Die Flankenzellen haben sich beide durch tangentiale Wände geteilt in 4 gleich grosse und gleichgestaltete Durchmesser 4,5 μ. Die innerste Zelle hat zwei Zellen durch radiale Wände abgeschnürt, Durchmesser 8 μ.

Bei Stipa pennata sind die gleichen Grössenverhältnisse.

Phleum Böhmeri. Die rhombische Zelle 4,5 μ isodiametrisch; die Flankenzellen sind in radialer Richtung gestreckt 6 μ; in tangentialer Richtung beträgt ihr Durchmesser 3 μ. Die innerste Zelle ist durch radiale Teilungswände in 2 Zellen geteilt. Radialer Durchmesser = 8 μ, tg. = 6 μ.

Aira flexuosa. Hier sind sämtliche Elemente des Siebteils in tangentialer Richtung gestreckt.

Rhombische Zelle tangentialer Richtung 5,8 μ, in radialer Richtung 3 μ. Die Flankenzellen, von denen eine sich durchschnittlich

Digitized by Google

durch Tangentialwand teilt, haben tangentialen Durchmesser von 7,5 μ und radialen von 5,8 μ. Die innerste Zelle ist in tangentialer Richtung 9 μ, in radialer 7,5 μ gross.

Koeleria cristata. Von der Endodermis ist der Siebteil durch eine Lage von Perikambiumzellen getrennt. Die rhombische Zelle ist in radialer Richtung 6 μ, in tangentialer 4,5 μ gross. Die Flankenzellen sind auf dem Querschnitt ungleich. Die eine misst in radialer Richtung 10,5 μ, die zweite 7 μ, in tangentialer die eine 7,5 μ, die zweite 6 μ. Die innerste Zelle ist durch Radialwände häufig in drei Zellen geteilt, deren Durchmesser bei isodiametrischer Form 7,5 μ beträgt.

Melica ciliata. Durch mehrere Zelllagen von Perikambiumzellen von der Endodermis getrennt. Die rhombische Zelle ist in radialer Richtung 3 μ, in tangentialer 4,5 μ gross. Von den Flankenzellen hat sich die eine geteilt, Durchmesser derselben in radialer 3,5 μ, in tangentialer = 4,5 μ. Die innerste Zelle des Siebteils ist 10 μ gross und isodiametrisch.

Sesleria coerulea. Die rhombische Zelle 5 μ isodiametrisch. Von den Flankenzellen hat sich bloss die eine geteilt. Diese beiden durch Teilung entstandenen Zellen messen 4 μ in radialer und tangentialer Richtung; die ungeteilte in radialer Richtung 7,5, in tangentialer 4,5 μ. Die innerste Zelle ist radial 11 μ gross.

Festuca ovina. Rhombische Zelle 3,5 μ isodiametrisch. Von den Flankenzellen hat sich die eine in zwei gleiche Zellen geteilt, deren Durchmesser 5 μ in radialer, 4 μ in tangentialer Richtung beträgt. Die ungeteilte misst 7 μ in radialer, 5 μ in tangentialer Richtung. Die innerste Zelle teilt sich häufig in 2, häufig auch in drei Zellen, deren radialer Durchmesser 9 μ und tangentialer 5 μ beträgt.

Bei Brachypodium pinnatum besteht der Siebteil durchschnittlich aus 4 Zellen, die rhombische Zelle misst auf dem Querschnitte 3,5 μ, die an den Flanken hängenden 5,5 μ, die innerste 7—8 μ.

Die Wandstärke der Siebelemente ist dünn und zart und beträgt durchschnittlich höchstens 1 μ; sie besteht aus Chlorzinkjod blaufärbender Zellulose; in alten Wurzeln verdicken und verholzen sämtliche Siebelemente und geben die Phloroglucinreaktion. *Klinge* gibt in seinen Untersuchungen die Verholzung der Siebelemente bei Molinia und Festuca, S. 36, als Ausnahme an; ich kann sie aber als stete Regel bei sämtlichen untersuchten Gramineen anführen; sie tritt erst ein, wenn sämtliche übrigen Elemente des Zentralzylinders schon ver-

Digitized by Google

holzt sind, und in alten Wurzeln ist der Siebteil auf dem Querschnitt kaum noch zu erkennen.

Vom Siebteil durch eine, manchmal durch zwei Zelllagen getrennt befindet sich der Gefässteil. *Klinge* unterscheidet zwischen Protoxylem und Zentralgefässen, wobei er unter diesen die nach der Mitte gerückten weiten Gefässe versteht, die von jenem an der Peripherie des Zentralzylinders liegenden kleineren durch mehrere Zelllagen getrennt sind. Angelegt werden bekanntlich die Zentralgefässe im Plerom zuerst und später die kleineren peripheren, doch die definitive Ausbildung erfolgt zuerst bei den kleineren, so dass die Anlage der Gefässe in zentrifugaler, die Ausbildung in centripetaler Reihenfolge erfolgt.

Auf das anormale Stellungsverhältnis des Xylems bei den Gramineen hat zum erstenmale *van Tieghem*[1]) aufmerksam gemacht, und *Klinge* hat in seinen Untersuchungen die Sache näher verfolgt und eine Tabelle aufgestellt, in der er die verschiedenen Gramineen je nach dem Stellungsverhältnis des Xylems zum Perikambium resp. zur Endodermis einteilt. Bei unseren untersuchten Gramineen sind die Protoxylemzellen von der Endodermis meistens durch mehrere, gewöhnlich zwei, selten drei Zellreihen getrennt. Bei Koeleria cristata und Aira flexuosa befand sich zwischen Endodermis und Protoxylem eine Zellreihe, manchmal auch war diese Schicht durchbrochen, so dass das kleinere Gefäss direkt an die Endodermis grenzt. Bei allen übrigen Gramineen habe ich nie ein Durchbrechen der Perikambiumzone durch den Gefässteil gesehen.

Was die Anordnung der Protoxylemzellen anbelangt, so befinden sie sich an der Peripherie des Zentralzylinders gleichmässig verteilt, manchmal in der Einzahl, häufiger aber in der Mehrzahl. Sind mehrere Protoxylemgefässe vorhanden, dann liegen sie entweder neben- oder hintereinander; auf dem Querschnitt sieht man beide Bilder häufig vereinigt. Die Zahl der Protoxylemzellen wechselt mit dem Dickendurchmesser der Wurzel. Bei ungefähr gleichem Querschnitt ergaben sich für die diversen Wurzeln fast die gleichen Zahlen. Bei Andropogon Isch. liegen 25 Protoxylemgefässe meistens einzeln, selten 2 hintereinander an der Peripherie des Zentralzylinders. Von der Endodermis sind sie durch 3 Zellreihen getrennt. Die lichte Weite der Protoxylemgefässe beträgt durchschnittlich 10 μ.

[1]) *M. Ph. van Tieghem*, Recherches sur la symétrie de structure desplantes vasculaires. I. La racine. 1871. pag. 141 u. folgd.

Digitized by Google

Bei Stipa pennat. capil. — durchschnittlich 20 Protoxylemelemente — herrscht in der Anordnung der Protoxylemelemente in bezug auf ihre Lage zur Endodermis ziemliche Willkür auf demselben Querschnitt. Bald sind sie nur durch zwei, bald durch drei oder vier Lagen von derselben getrennt. Regellos wie ihre Anordnung erscheint auch ihre Zahl. Bald findet sich bloss ein einziges, bald sind es zwei, bald mehr. Sind 3 oder 4 vorhanden, so liegen sie schräg hintereinander auf dem Querschnitte, sind aber zuweilen durch eine parenchymatische Zelle in zwei gleichwertige Platten gespalten.

Phleum Böhmeri besitzt durchschnittlich 22 Protoxylemelemente, deren lichte Weite 7 μ beträgt und die zu zweien neben- oder hintereinander liegen. Von der Endodermis sind sie durch eine zweireihige Zellschicht getrennt.

Aira flexuosa. Anzahl: 14 Protoxylemzellen, die in der gewöhnlichen Anordnung durch eine Perikambiumschicht in Einzahl vorhanden sind und deren lichte Weite 7 μ, deren Wandstärke 3 μ beträgt.

Sesleria coerulea. 22 Protoxylemelemente. Von der Endodermis durch eine zweischichtige Lage von Zellen getrennt befindet sich ein Zellkomplex von durchschnittlich 2 gleich grossen Gefässen. Dieselben liegen hinter-, selten nebeneinander. Ihre lichte Weite beträgt 8 μ; zuweilen ist auch das vordere Gefäss kleiner, sein Lumen beträgt dann 4 μ. Die Wanddicke der Protoxylemelemente beträgt durchschnittlich 2,5 μ.

Koeleria cristata. Von der Endodermis durch eine Zelllage, die häufig noch durchbrochen wird, befinden sich 12—15 Protoxylemplatten. Die Zahl der Gefässe, die bei Koeleria eine solche Platte bilden, ist sehr variabel. Sehr selten fand ich bloss ein Gefäss, zuweilen waren es zwei gleich grosse, neben- oder hintereinander, manchmal war das vordere kleiner und durchbrach regelmässig die Perikambiumschicht. Häufig stieg auch die Zahl der das Protoxylem bildenden Gefässe auf 5, die schräg hintereinander lagen. Das Lumen der Protoxylemgefässe beträgt 10—12 μ, der kleinen direkt an die Endodermis grenzenden 3 μ. Wandstärke bei allen durchschnittlich 2,4 μ.

Melica ciliata. Protoxylem aus 14—16 Elementen gebildet, die einzeln oder zu zweien hintereinander in der gewöhnlichen Weise angeordnet und von der Endodermis durch 2—3 Zelllagen getrennt erscheinen. Ihre lichte Weite durchschnittlich 7 μ, ihre Wanddicke 2,88 μ.

Digitized by Google

Festuca ovina. 15 Protoxylemelemente vorhanden. Das einzelne besteht aus 2 gleichgrossen (8 μ) oder einem kleineren (5 μ) und grösseren (8 μ) Gefässen. Die Wandstärke des einzelnen Gefässes beträgt 2 μ. Die Protoxylemelemente sind von der Endodermis durch eine oder zwei Lagen von Perikambiumzellen getrennt.

Brachypodium pinnatum besitzt durchschnittlich 14—16 Protoxylemelemente, die von der Endodermis durch 2—3 Lagen von Zellen getrennt sind. Gewöhnlich eine oder zwei gleichgrosse Zellen hintereinander an der Peripherie im Kreis angeordnet. Die lichte Weite des einzelnen Gefässes beträgt 8,8 μ, seine Wanddicke 2,5 μ.

Neben den Protoxylemzellen sind noch die weitern Zentralgefässe bei den Gramineen vorhanden. Auch sie liegen im Kreis angeordnet und sind gewöhnlich so gruppiert, dass zwischen je zwei Protoxylemplatten ein grosses Zentralgefäss sich befindet. Bei Sesleria coerulea und Phleum Böhmeri haben wir aber nicht nur einen, sondern gewöhnlich 2 Kreise von Zentralgefässen, die in ihrer Stellung mit einander alternieren. Der innerste Teil des Zentralzylinders ist bei Koeleria von eingestreuten Gefässen besetzt, während er bei den übrigen frei davon erscheint. Die Grösse der einzelnen Zentralgefässe schwankt bei den einzelnen Pflanzen, und der Einfluss des umgebenden Mediums macht sich bei seiner Ausbildung mächtig geltend; daher finden wir bei denselben Pflanzen Differenzen bis zu 12 μ hinsichtlich der lichten Weite der Gefässe. Die Wandstärke der einzelnen Gefässe dagegen ist ziemlich konstant und beträgt durchschnittlich 3 μ.

Was die Art der Wandverdickung bei den Gefässen anbelangt, so fand ich wie *Klinge* nie Ring- oder Spiralgefässe, sondern stets Tüpfel-, Netz- oder Leitergefässe sowohl bei den Protoxylme als auch bei den Zentralgefässen.

Der ganze übrige Teil des Zentralzylinders wird von Elementen eingenommen, die ich mit *Klinge* als Leitzellen bezeichnen möchte; nur bei Andropogon Isch. findet sich ein Mark ausgebildet. Auf dem Querschnitt erscheinen die Leitzellen nicht alle gleich. Zunächst sind die Zellen, die den Gefässen anliegen, von anderm Aussehen wie die übrigen. Sie erscheinen oval und liegen mit ihrer Breitseite den Gefässen an, bei Sesleria coerulea umgeben sie auch den Siebteil. Die übrigen Zellen sind von isodiametr. Querschnitt und nehmen von aussen nach innen an Grösse zu. Die Grössenverhältnisse bei den einzelnen schwanken zwischen 12—15 μ. Auf dem Längsschnitt erscheinen die Leitzellen sehr verschieden, die dem Gefässteile anliegen-

Digitized by Google

den sind kurz, parenchymatisch 40—50 μ lang, die übrigen prosenchymatisch, dazwischen mannigfache Abstufungen und Übergänge von solchen, die ganz spitz zulaufen und solchen, bei denen die Wände nur schräg gestellt sind. Die Länge dieser Zellen schwankt zwischen 200—300 μ. Hinsichtlich der Wandstruktur ist bei den Leitzellen folgendes zu erwähnen. Zwei Lamellen sind an jugendlichen Zellen zu unterscheiden: Die zwei Zellen gemeinsame Mittellamelle, die aus einer Zellulosegrundlage mit Pektinstoffeinlagerung besteht, und einer innern reinen Zelluloselamelle. Beide verholzen und legen Verdickungsschichten, die ebenfalls aus Holzstoffen bestehen, auf; zuweilen geht die Verdickung bis zum Schwund des Lumens. Die Verdickung beginnt nicht direkt in der Schicht, die sich am Sieb und Gefässteil ansetzt, sondern erst in der folgenden und schreitet zentripetal weiter; relativ spät erst werden dann auch die den Gefäss- und Siebelementen anliegenden Zellen verdickt. Fragt man nach dem Zweck dieser Verdickung mitten im Innern des Zentralzylinders, so kann dafür nicht die mechanische Festigkeit als einziger Erklärungsgrund angegeben und geltend gemacht werden. Umgeben ist ja der Zentralzylinder von einer starken Endodermis, den verdickten Perikambiumschichten, und diese beiden Gürtel würden doch sicher hinreichen, den nötigen radialen Druck der Wurzel auszuhalten oder die Zugkräfte, die an der Wurzel tätig sind, zu überwinden. *Sachs* sieht diese verholzten Gewebeschichten als Leitungsorgane für den Transpirationsstrom an, „während sie zugleich als biegungsfeste Massen von Nutzen sind“ (*Sachs*, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 1887, S. 209). Aber nicht nur als Leitungsröhren für Wasser sind sie zu betrachten, sondern geradezu als Wasserspeicher. In diesem Sinne fasst sie *Volkens*[1]) auf, wenn er sagt: „Alle toten und dickwandigen Elemente innerhalb der Pflanzenleiber bilden in ihrer Gesamtheit ein Wasserreservoir.“

Sesleria coerulea.

Auf dem Würzburger Wellenkalk ist Sesleria eine häufige Erscheinung (vgl. *Kraus*, die Sesleriahalde. Aus der Pflanzenwelt Unterfrankens. Heft VIII, 1906), und man kann sie (neben Melica, Koeleria, Brachypodium) geradezu als Charakterpflanze desselben bezeichnen. Untersucht wurden Exemplare, die an exquisit trockenen Orten gewachsen waren, Exemplare aus den Mauerritzen der Ravensburg, der

[1]) *G. Volkens*, Beziehungen zwischen Standort und anatom. Bau der Vegetationsorgane. 1884. S. 43.

Digitized by Google

Halde des Volkenbergs, Saupürzels bei Karlstadt, der Retzbacher Höhen, des Main-Gestells. Sesleria findet sich nun nicht als einzelnes Pflänzchen, sondern zahlreiche Halme bilden ein kleines Rasenpolster. Die Wurzeln erscheinen dadurch mannigfach verflochten und verfilzt. Das scheinbar wirre, nestartige Geflecht, in dem Erdpartikelchen, Humusstücke verwoben sind, trägt dazu bei, Feuchtigkeit für die Pflanze zu sammeln und für die Zeiten der Not aufzuspeichern. Aus einem kürzeren Rhizom entspringen zahlreiche Wurzeln erster Ordnung; am Wurzelhals beträgt der Querdurchmesser nach Verlust der Rindenschichten 0,320—0,33 mm. Die Wurzeln behalten denselben ihrer ganzen Länge nach bis dahin, wo die Rindenschichten wieder erhalten bleiben; hier beträgt er 0,61 mm, und nimmt nach der Spitze allmählich ab. 1,5 mm von der Spitze beträgt er 0,32 mm.

Ältere Nebenwurzeln 1. Ordnung massen an ihrer Ursprungsstelle nach Abschilfung der Rinde 0,217 mm; 0,5 cm von der Spitze 0,104 mm. Nebenwurzeln 2. Ordnung waren an ihrem Wurzelhals 0,0975 mm stark und verjüngten sich nur sehr gering nach der Spitze. Die Verhältnisse der Epidermis und des Hypoderm sind im allgemeinen Teil behandelt. An das Hypoderm schliesst sich nach innen die Rinde an, die im Jugendzustande bei Triebwurzeln folgendermassen gebaut erscheint:

Eine Aussen- und Innenrinde ist nicht zu unterscheiden, sondern die Rinde erscheint einheitlich und besteht aus mehreren Zelllagen, deren Zahl je nach dem Standort zwischen 5 und 7 schwankt. Dieselben sind in Form von konzentrischen Kreisen strahlenförmig angeordnet. Die Zellen eines solchen Strahles sind in der Weise gebaut, dass die innerste Schicht die kleinsten Zellen bildet, dass diese dann nach aussen mit wechselndem Wurzeldurchmesser an Grösse und Umfang zunehmen, so dass genau eine Zelle über der andern liegt, manchmal bei Wurzeln von Sesleria der Ravensburg wurde das Bild dadurch etwas geändert, dass die Grössenzunahme bloss bis zur vierten Zelllage stattfindet; dann werden die Zellen der nächsten Zelllagen durch neueintretende Radialteilung in zwei gespalten. Durch unregelmässiges Wachstum in älteren Rindenpartien von einzelnen Zellen wird die Anordnung manchmal etwas gestört und das Bild etwas undeutlich. In Querschnitten, die 0,5 cm von der Spitze geführt wurden, erscheinen bei sämtlichen untersuchten Sesleriaarten die Zellen in lückenlosem Verbande, die Ecken und Kanten der einzelnen Zellen scharf ausgezogen; die Zellen selber sind polygonal etwas in tangentialer Richtung erstreckt. Die Grösse der Zellen ist

Digitized by Google

sehr variabel; durchschnittlich messen die der Endodermis anliegenden in radialer Richtung 15 μ, in tangentialer 26 μ; in der unter der Hypodermis liegenden Zellschicht die Zellen 35 μ in radialer, 42 μ in tangentialer. Dazwischen alle Übergänge. In den Zellen der Rinde tritt das Bestreben sich abzurunden hervor, und zwar beginnt es in der Zellenreihe unter der Hypodermis, setzt sich dann zentripetal bis zu der innersten oder zweitinnersten Rindenzelllage fort, dabei bilden naturgemäss sich Interzellularen bald von dreieckiger, bald viereckiger Form auf dem Querschnitt. Die innerste an die Endodermis grenzende Schicht ist stets durch den Mangel an Interzellularen ausgezeichnet. — Die Länge der Rindenzellen beträgt durchschnittlich 130 μ. Auf Längs- und Querwänden sind feine Porenkanäle vorhanden. Die Wände der Rindenzellen sind relativ dünn, gewöhnlich 0,9—1 μ stark, nur die Wände der zwei bis drei Zelllagen, die an die Endodermis grenzen, sind durch ihre Wanddicke ausgezeichnet. Die Verdickung beginnt in der unmittelbar an die Endodermis grenzende Schicht und setzt sich dann zentrifugal auf die nächste und häufig die zweitnächste fort. In der an die Endodermis grenzenden Schicht geht sie bei einzelnen Zellen fast bis zum Schwund des Lumens, so dass nur ein schmaler Spalt von dem Zelllumen zu sehen ist; dabei erscheint die Verdickung nicht zentrisch, d. h. nach allen Seiten gleichmässig, sondern die innere Tangentialwand und ein Teil der Radialwände werden mit den Verdickungsschichten bevorzugt.

Bei sämtlichen Rindenzellen ist deutlich eine Mittellamelle vorhanden, die bis zu 2 cm von der Spitze bei ausgewachsenen Wurzeln mit Chlorzinkjod keine deutliche Reaktion gibt, mit Rutheniumrot sich aber färbt, also aus Pektinstoffen besteht; die Innenlamelle gibt Zellulosereaktion. Beide erscheinen in höhern Regionen der Wurzel verholzt. Die Wände der der Endodermis anliegenden Rindenzellen, die schon durch ihre Wanddicke von den übrigen sich unterscheiden, zeigen auch ein anderes Verhalten Reagenzien gegenüber. Mit Chlorzinkjod erscheinen sie gelb gefärbt, mit Phloroglucin und Anilinhydrochlorat geben sie keine Reaktion; in H_2SO_4 lösen sie sich nicht, mit kalter Kalilauge werden sie gelb gefärbt, in heisser verseift; demnach erscheint ihre Wandung kutinisiert. Die Rindenzellen bleiben bei den Wurzeln von Sesleria bloss eine gewisse Zeit erhalten; bei 20 cm langen Triebwurzeln sah ich durchschnittlich in einer Entfernung von 10—12 cm von der Spitze den Zerfall der Rinde eintreten, bei andern später. Der gewöhnliche Vorgang beim Verlust der Rinde bei Sesleria besteht darin, dass die Epidermis zunächst

Digitized by Google

ausser Funktion tritt und abstirbt, Fetzen und Überreste bleiben zunächst noch an der Hypodermis haften. Dann beginnen in der 3. oder 4. Zelllage gewöhnlich über der Endodermis die Zellwände der Rindenzellen zu schrumpfen; sie werden wellig und die Zellen sind abgestorben. Das Sterben setzt sich nach beiden Seiten, innen und aussen, fort, und der Auflösungsprozess beginnt; bei den stark verdickten Zellen der innern Rinde macht er halt; doch habe ich Exemplare von der Ravensburg gesehen, bei denen durch die Einwirkung von humifizierenden Substanzen des Bodens selbst diese aufgelöst wurden, nachdem sie zuerst eine dunkle, beinahe schwarze Farbe angenommen hatten, und die Endodermis den Schutz des Zentralzylinders allein übernehmen musste. Ich habe oben erwähnt, dass bald ein bald zwei oder drei Zelllagen der innersten Rinde verdickt werden. Betrachten wir an der Hand von Messungen die Verdickungsschichten der verschiedenen Vertreter von Sesleria coerulea.

Standort	Anzahl der verdickten Zellen	Grösse der Rindenzellen		Stärke der Verdickungsschichten auf der	
				äusseren	inneren
		radial	tangential	Tangentialwand	
		μ	μ	μ	μ
Höhe Volkenberg	3	[1])1 = 7,5	1 = 18	1 = 2,5	1 = 4,5
		2 = 10,5	2 = 23	2 = 2,5	2 = 4,5
		3 = 12	3 = 35	3 = 1,4	3 = 4,5
Fuss Volkenberg	2	1 = 12	1 = 20	1 = 2	1 = 3
		2 = 15	2 = 21	2 =	2 =
Ravensburg Fuss des Berges	2—3	1 = 12	1 = 23	1 = 1,8	1 = 2,5
		2 = 15	2 = 24	2 =	2 =
		3 = 18	3 = 30	3 =	3 = 2
Ravensburg Mauerritze	3	1 = 16	1 = 24	1 = 4,5	1 = 7
		2 = 18	2 = 28	2 =	2 =
		3 = 23	3 = 33	3 =	3 =
Saupürzel	2—3	1 = 18	1 = 25	1 = 2,7	1 = 4,2
		2 = 18	2 = 27	2 = 1,5	2 = 2,8
Retzbach	2	1 = 14,5	1 = 18	1 = 2	1 = 7
		2 = 15	2 = 20	2 =	2 =
Maingestell	2	1 = 8	1 = 20	1 = 1,9	1 = 3,5
		2 = 10	2 = 21	2 = 1,5	2 = 3

[1]) 1 ist die der Endodermis anliegende, 2 und 3 die nach aussen sich anschliessenden Rindenzellen.

Digitized by Google

Bei dem Exemplar vom Saupürzel ist es mir aufgefallen, dass die der Endodermis anliegende Schicht sich teilweise durch Radial- oder auch Tangentialwände noch einmal teilt, so dass diese Zellschicht in ihren einzelnen Teilen sehr variiert; bald sieht man kleinere Zellen in radialer Richtung, bald solche in tangentialer zwischen den den grösseren erscheinen.

Was die Endodermis anbelangt bei Sesleria, so ist bei sämtlich untersuchten Arten die Form die gleiche, in radialer Richtung gestreckt; in den Grössenverhältnissen und den aufliegenden Verdickungsschichten bestehen jedoch Unterschiede. In allen untersuchten Wurzeln ist auch der Primär- und Sekundärzustand der Endodermis von sehr kurzer Dauer, der Tertiärzustand der bleibende. Bei alten Wurzeln dauert der Primiärzustand bis 1,2—1,3 cm von der Spitze, in einer Entfernung von 1,7 war der Sekundärzustand vollkommen entwickelt und bei 1,8 Spitzenabstand begannen die Tertiärlamellen sich aufzulagern. Bei Triebwurzeln sind die Zustände anders, aber sehr variabel, so dass es nicht möglich ist auch nur ungefähre Zahlenangaben darüber zu machen. Vergleicht man die Stärke der anfgelagerten Verdickungsschichten bei Pflanzen von verschiedenem Standort, so ergibt sich folgendes Bild:

Standort	Grösse der Endodermiszellen in		Verdickungsschicht		Radialwand
	radialer Richtung	tangential. Richtung	Aussenwand	Innenwand	
	μ	μ	μ	μ	
Ravensburg	25	16	4	10	keilförmig
Volkenberg	21	15	3,7	6	„
Retzbach	35	15	3,5	12	„
Maingestell	22	14,5	3,0	7	„
Botan. Garten	18	14	2,9	7	„
Mauerritze der Ravensburg	30	14,5	3	8	„

Über die Bestandteile des Zentralzylinders ist relativ wenig noch zu sagen. Sämtliche Elemente desselben erscheinen im ausgebildeten Zustande stark verdickt fast bis zum Schwund des Lumens.

Sämtliche Zellen stehen in lückenlosem Verband und sind durch Tüpfelkanäle mit einander verbunden. Vergleicht man nur noch die Anzahl der Zentralgefässe und deren Lumen, so ergibt sich folgende Tabelle:

Digitized by Google

Standort	Durchmesser des Zentralzylinders	Anzahl d. Gefässe	Licht-Weite
	mm		μ
Volkenberg, Fuss	0,36	12	19
„ Höhe	0,320	14	18
Ravensburg	0.30	12	23
Retzbach	0,38	36	18
Saupürzel	0,29	12	20
Gestell	0,32	16	20
Botanischer Garten	0,315	16	20

Der Bau der Nebenwurzeln erster Ordnung ist mit dem eben beschriebenen übereinstimmend, bloss natürlich im verkleinerten Massstab; nur haben wir die Epidermiszellen zu zahlreichen Wurzelhaaren ausgewachsen. Anders dagegen sind die Nebenwurzeln zweiter Ordnung. Auch hier sind die Epidermiszellen zu Wurzelhaaren ausgewachsen und die einzelnen Zellen etwas in radialer Richtung gestreckt. Der Durchmesser der Epidermiszellen ist relativ gross, er beträgt in radialer 28 μ, in tangentialer Richtung 25 μ. Die Länge der Epidermiszellen 65 μ. Ein Hypoderm ist nicht vorhanden.

Die Rinde besteht aus drei Reihen von in tangentialer Richtung gestreckten polygonalen Zellen, die in Zickzackform angeordnet und in lückenlosem Verbande stehen. Die der Endodermis anliegende Zellschicht ist nicht verdickt. Die Zellen der Rinde sind gross; die Zellen der mittleren Schicht messen radial 17,5 μ, tangential 40,5 μ.

Die Wände der Endodermizzellen sind in fertig ausgebildeten Wurzeln gleichmässig verdickt, ihre Wandstärke beträgt 2—3 μ.

Der Zentralzylinder enthält nichts Auffallendes. Wir finden 3 fast gleiche grosse Gefässe, deren lichte Weite 5 μ beträgt, an der Peripherie angeordnet, von der Endodermis durch eine Zelllage getrennt. In der Mitte ist ein grösseres Zentralgefäss 9 μ. Die Leitzellen verdicken ihre Wände nicht, sondern diese sind 0,4—0,6 μ stark. Das Lumen der Zellen beträgt durchschnittlich 7 μ.

Stipa pennata.

Die untersuchten Exemplare stammen von den Retzbacher Höhen, vom Saupürzel bei Karlstadt, vom Krainberg, dem Rosstalberg, sowie aus dem botanischen Garten.

Digitized by Google

Einem ungegliederten, ziemlich kräftigen Rhizom entspringen eine grössere Anzahl dimorpher Wurzeln. Die einen sind bis 60 cm lang und mit verhältnismässig wenigen 10—12 cm langen Nebenwurzeln besetzt, sie haben ihre ganze Rinde fast verloren und sind 0,4 μ stark und als die Haftwurzeln κατ' ἐξοχήν aufzufassen, die die Pflanze im Boden verankern. Im Gegensatz zu ihnen stehen die Wurzeln zweiter Art, die bedeutend kürzer und stets von ihrer ganzen Rinde bedeckt sind. Sie besitzen eine grössere Zahl Nebenwurzeln, die ihrerseits zahllose Nebenwurzeln 2. O. tragen und an ihren Enden sich in Büschel von feinen Saugwürzelchen auflösen. Es ist also eine mehr oder weniger volle Arbeitsteilung in den Wurzeln eingetreten. Am Wurzelhals beträgt der Durchmesser der Wurzeln 2. Art 1,2 mm, der Nebenwurzeln 1. Ordnung 0,4 mm, 2. Ordnung 0,1 mm.

Ein anatomischer Unterschied zwischen den beiden Wurzelarten im Zentralzylinder ist nicht vorhanden, wie ihn *Tschirch*, dem das gleiche Phänomen bei zahlreichen Dikotylenwurzeln aufgefallen ist und das er als Heterorhizie bezeichnet, beschreibt. Epidermis und Hypodermis sind schon in dem allgemeinen Teil dieser Arbeit abgehandelt, und nichts ist über sie hier hinzuzufügen.

Bei der Rinde von Stipa kann man deutlich den Unterschied zwischen Aussen- und Innenrinde wahrnehmen. Die Aussenrinde besteht aus zwei bis drei Zellreihen, deren Teile lückenlos aneinander gefügt sind und in Zickzackform angeordnet erscheinen. Die einzelnen Zellen dieser Aussenrinde sind unter sich von gleicher Grösse und von gleicher Form. Sie besitzen gleiche tangentiale und radiale Ausdehnung auf dem Querschnitt und sind hexagonal. Mit den Zellen des Hypodermis erscheinen sie gleichsam verzahnt, indem zwei unter spitzem Winkel sich schneidende Zellenflächen der Aussenrindenzellen zwischen zwei Hypodermzellen sich einkeilen, so dass die Ecke der Aussenrindenzelle auf die zwei Hypodermzellen gemeinsame Radialwand trifft. Der tangentiale Durchmesser der Aussenrindenzellen beträgt 17,5, ihr radialer 20 μ. Ihre Länge 120 μ. Mit Chlorzinkjod färbt die Mittel- und Innenlamelle bei 4 cm Spitzenabstand sich gelb, mit Phloroglucin und Salzsäure rot; in Schnitte, die näher der Wurzelspitze geführt sind, färbt sich die Innenlamelle violett mit Chlorzinkjod, die Mittellamelle nicht deutlich. Die Wände der Aussenrinde sind unter sich alle gleich stark, bei 4 cm Spitzabstand beträgt die Wandstärke 0,9—1 μ. Bei älteren Wurzeln verdicken sich die Wände

[1]) *Tschirch*, Über Heterorhizie bei Dikotylen Flora, 94. Bd., 1905, S. 71.

Digitized by Google

noch etwas, wieviel, das sagt uns die Tabelle für die an verschiedenen Standorten gesammelten Exemplare.

Standort	Grösse		Wandstärke	Länge	Anzahl d. Aussenrindenschichten
	radial	tangential			
	μ	μ	μ	μ	
Retzbach	18	20	1,2	120	3
Saupürzel	16	22	1,3	120	2
Krainberg	15	21	1	115	3
Rosstalberg	15	21	1,7—2	115	4
Garten	15	20	1,2	112	2—3

Bei Stipa pennata besteht die Innenrinde aus zwei, wohl differenzierten Teilen. Die ganze Innenrinde ist aus 10—11 in Form von konzentrischen Kreisen angeordneten Zelllagen zusammengesetzt, die strahlenförmig angeordnet erscheinen; die Zellen der innern Rinde sind genau radiär; in der äussern Innenrinde dagegen sind nachträglich noch radiale Teilungen eingetreten, damit die Zellen nicht zu grosse Dimensionen annehmen; infolgedessen und auch weil einige Zellen ein unregelmässiges Wachstum zeigen, kommen in der äussern Innenrinde kleine Abweichungen von der strahlenförmigen Anordnung der Rinde vor.

Die äussern Zellen der Innenrinde haben bereits 4 cm hinter der Wurzelspitze ihre im Jugendzustand gehabte eckige Form verloren und eine mehr abgerundete Gestalt angenommen; es sind Interzellularen von viereckiger Form zwischen ihnen entstanden; die Zellen erscheinen auf dem Querschnitte rundlich bis elliptisch, ihr Durchmesser beträgt bei den grössten 53 μ, der mittlern durchnittlich 35 μ. Ihre Länge 70 μ. Wanddicke 0,8 μ. Die Lamellenstruktur: eine Mittellamelle aus Pektinstoffen bestehend, und eine innere Lamelle, die mit Chlorzinkjod sich bläut; später erscheinen beide Lamellen verholzt. Die innere Innenrinde hebt sich von der äussern deutlich ab durch die relative Kleinheit ihrer Zellen in radialer Richtung. Sie besteht aus drei bis vier konzentrischen Zelllagen; die eine Zelle auf dem Querschnitt genau vor die andre gelagert, infolgedessen die vordere in tangentialer Richtung stets etwas grösser als die vorhergehende ist. Die Zellen stehen untereinander in lückenlosem Verbande und sind stark verdickt. Die Verdickung ist nun in den einzelnen

Digitized by Google

Zelllagen nicht gleich, sondern die der Endodermis anliegende ist am stärksten verdickt, die sich daran nach aussen anschliessende weniger und allmählich gleicht sich so die Wanddicke der Zellen der äussern und innern Innenrinde aus. Die Verdickung selber ist exzentrisch, auf den inneren Tangentialwänden am stärksten. Mit zunehmendem Alter der Wurzel werden die Verdickungsschichten immer stärker, bei manchen bis zum Schwund des Lumens vide Tabelle. Die chemische Natur der die Verdickung bildenden Stoffe wird durch Phloroglucin und Salzsäure offenbar: es sind Holzstoffe.

Standort	Innere Rindenzellen					
	Anzahl	Grösse		Wandverdickung		
		radiale	tangent.	äussere	innere	radiale
		Richtung		Tangentialwand		
		μ	μ	μ	μ	
Krainberg	3	1 = 11,0	1 = 18	1 = 1,4	1 = 2,5	keilf.
		2 = 11	2 = 20	2 = 0,9	2 = 1,2	
		3 = 11,5	3 = 24,5	3 = 0,7	3 = 1	
Saupürzel	3	1 = 10	1 = 19	1 = 1,4	1 = 4,0	keilf.
		2 = 10	2 = 20	2 = 1,4	2 = 4,0	
		3 = 12	3 = 24	3 = 0,9	3 = 2,0	
Rosstalberg	1	12	20	1,48	1,48	1,48
Garten	3	1 = 9	1 = 19	1 = 1,4	1 = 3	keilf.
		2 = 10	2 = 20	2 = 1,4	2 = 2,5	
		3 = 12	3 = 22	3 = 1,4	3 = 1,45	
Retzbach	3	1 = 10	1 = 20	1 = 1,5	1 = 7	keilf.
		2 = 10	2 = 21,5	2 = 1,5	2 = 6	
		3 = 12	3 = 30	3 = 1,0	3 = 2,9	

Gleichzeitig mit der Verdickung der innern Innenrinde treten auch in der äussern Änderungen ein. Die zwischen den Zellen vorhandenen Interzellularen erweitern sich zu Spalten an zahlreichen Stellen in der Mitte der Innenrinde; die Spalten schreiten zuerst zentripetal bis zu den verdickten innern Innenrindenzellen und dann auch zentrifugal bis zur Aussenrinde vor. Hat nun einmal die Spaltung eingesetzt, so greift das Auseinanderweichen der Zellen immer mehr um sich, dabei werden aber nicht bloss die Zellwände voneinander getrennt, es verschwinden ganze Zellreihen und nur einzelne radiale Verdickungsstreifen zwischen Aussen- und Innenrinde bleiben erhalten, ein Rindentypus wie ihn *Klinge* als IIa bezeichnet.

Digitized by Google

In den meisten Fällen geht nun die Zerreissung in der äussern Innenrinde soweit, dass selbst die verbindende Stränge gelöst werden und der Zentralzylinder der Wurzel in einer nicht mehr mit ihm zusammenhängenden Röhre steckt.

Auch in diesem Zustand noch, in dieser Röhrenform, dient das äussere Rindengewebe der Wurzel als Schutzorgan, indem es wie ein weiter Mantel wirkt: mechanischen Druck hemmend und ungünstige Witterungseinflüsse mildernd.

Die Endodermiszellen sind in radialer Richtung gestreckt und im Tertiärzustand uförmig verdickt. Die Verdickungsschichten werden auf den inneren Tangentialwänden und den Radialwänden in verschiedener Weise angelegt und bald werden die ganzen Radialwände, bald nur ein Teil derselben mit Verdickungsschichten versehen. Das freie Lumen der Endodermiszelle gleicht daher bald genau einem gleichseitigen Dreieck, bald einem Kreisabschnitt, wobei die Sehne des Kreises von der äusseren Tangentialwand gebildet. — Die Verdickungsschichten selber verändern in alten Wurzeln ihre chemische Zusammensetzung; sie geben nicht mehr die Phlorogluzinreaktion wie im Jugendzustand, sondern nehmen keine Färbung mehr an und erscheinen stark lichtbrechend. Ihre Dicke beträgt bei den diversen untersuchten Exemplaren:

Standort	Endodermis				
	Grösse der Zellen in		Dicke der Wände		
	radialer Richtung μ	tangentialer Richtung μ	äussere Tangentialw. μ	innere Tangentialw. μ	Radialwand
Krainberg	22	15	1,5	8,8	keilförmig
Retzbach	22,4	18	1,48	16	„
Saupürzel	21	16	1,48	9	„
Irisstandort	20	14	1,5	8,8	„
Garten	21	18	1,46	10	„

Vom Zentralzylinder ist bei Stipa pennata nichts Besonders zu sagen. Die einzelnen Zellen sind alle stark verdickt; die Anzahl der vorhandenen Zentralgefässe schwankt zwischen 10—12, deren lichte Weite durchschnittlich 25—30 μ. Stipa capillata stimmt im Wurzelbau mit dem von Stipa pennata vollkommen überein.

Digitized by Google

Der Bau der Nebenwurzeln I. O. ist vollkommen übereinstimmend mit dem der Haftwurzeln; es ist gleichsam ihr verkleinertes Bild. Anders allerdings, vereinfachter sind die Nebenwurzeln 2. O. gebaut. Nach aussen schliesst sie eine Epidermis ab, deren Zellen in tangentialer Richtung 17,5 μ, in radialer 14 μ messen. Die äussere Wand derselben ist 1 μ, die innere 0,7 μ stark. Zahlreiche Wurzelhaare, deren Länge 122 μ beträgt, die am Fusse 10 μ, an der Spitze 3,5 μ messen und deren Wand 0,8 μ dick ist, bedecken die Wurzel. Lamellenstruktur der Epidermiszell-Wurzelhaarwände genau wie bei der Wurzel 1. O.

War schon die Epidermis der Nebenwurzel anders gestaltet wie die der Haft- und Triebwurzel, so treten grössere Verschiedenheiten und Unterschiede im Bau der Rinde zutage. Eine Aussen- und Innenrinde ist hier nicht zu unterscheiden. Die Art der Anordnung ist auch nicht mehr die strahlenförmige, sondern die Zickzackform, eine Form, bei der an eine tangentiale Aussenwand zwei andere Rindenzellen stossen und dadurch den Saftverkehr zwischen den einzelnen Zellen erleichtern. Die Zellen selber sind polygonal und ohne Interzellularen aneinandergereiht. Ihre Grösse beträgt durchschnittlich radial 21 μ, tangential 28 μ. Wandstärke 0,8 μ. Nur die vierte, der Endodermis anliegende Zelle ist etwas abgeflacht und hat gleichzeitig ihre Wände bis 2 μ verdickt. Die Endodermis zeigt im fertig ausgebildeten Zustande die u-förmige Verdickung.

Im Zentralzylinder liegen 3—4 Protoxylemelemente, die 5 μ lichte Weite besitzen und direkt an die Endodermis angrenzen. Ein grösseres Zentralgefäss 9 μ weit liegt genau in der Mitte des von Leitzellen eingenommenen Raumes. Die Leitzellen selber haben unverdickte Wände und einen Querdurchmesser von 7 μ.

Melica ciliata.

Melica ciliata ist eine Graminee, die an den trockensten Stellen gedeiht und diese als ihre Lieblingsplätze bevorzugt. In den Ritzen von Weinbergmauern, auf dem steinigsten Geröll unseres Wellenkalks findet sie sich. Auch sie bildet wie Sesleria kleine Rasenpolster und ein wirres Wurzelgeflecht mit den eingewobenen Humus- und Erdpartikelchen, gleichsam ein Wasserreservoir. Dem kurzen 4 cm langen Rhizom entspringen zahlreiche dünne Wurzeln; am Wurzelhals nach Verlust der Rinde beträgt ihr Querdurchmesser 0,38 mm. Der Querdurchmesser der Nebenwurzeln 1. Ordnung am Wurzelhals ohne

Digitized by Google

Rinde 0,087 mm mit Rinde 0,2 mm, der Nebenwurzeln II. Ordnung 0,08—0,069 mm. Aufgefallen ist mir bei Melica die grosse Zahl von Nebenwurzeln I. und II. Ordnung, die wie ein feinmaschiges Netz den Boden gleichsam durchspinnen.

Die Epidermis ist beschrieben, ein Hypoderm nicht vorhanden. Bei Melica ist zwischen Aussen- und Innenrinde zu unterscheiden. Die Aussenrinde ist bloss eine Zellschicht stark. Sind die Zellen der Epidermis in radialer Richtung gestreckt, so sind die der Aussenrinde es in tangentialer. Sie sind so an die Epidermis angeordnet, dass eine Aussenrindenzelle auf die Mitte der Hintenwände zweier, häufig dreier angrenzenden Epidermiszellen trifft. Die Zellen selber sind polygonal mit scharfen ausgezogenen Ecken und Kanten. Ihr radialer Durchmesser beträgt 16,2, ihr tangentialer 28,1 μ. Zum Unterschiede von der Aussenrinde zeichnet sich die Innenrinde durch kleine dreieckige Interzellularen aus und die mehr abgerundete Form ihrer Zellen. Sie besteht aus 4—5 Reihen von Zellen, die in ihrem Jugendzustand hexagonal, später abgerundet erscheinen; sie sind in Form von konzentrischen Kreisen mehr oder weniger strahlenförmig angeordnet und lassen deutlich die Art ihrer Entstehung durch tangentiale Teilung erkennen. Hinsichtlich ihrer Grösse variieren sie sehr. Sie nehmen etwa bis zur Mitte der Rinde, von aussen angefangen, an Grösse zu. Der radiale Durchmesser beträgt 18 μ, der tangentiale 35 μ; dann aber nehmen sie allmählich wieder ab, dabei ist es bloss der radiale Durchmesser, der kleiner wird, der tangentiale bleibt ungefähr der gleiche. Der radiale Durchmesser der innersten Rindenschicht beträgt 12 μ. Die Länge der Rindenzelle ist ungefähr 165 μ; die Querwände sind gerade gestellt und wie die Längswände mit zahlreichen Tüpfeln versehen. Die Lamellenstruktur der Innen- und Aussenrinde ist die gleiche. Auf der Mittellamelle, die da, wo mehrere Zellen zusammenstossen, Zwickel bildet und sich mit Ruthenium rot färbt, liegt noch eine feine, mit Chlorzinkjod sich bläuende Lamelle, deren chemische Natur mit dem Alter sich verändert und verholzt erscheint. Die Wanddicke der Zellen in der ganzen Rinde beträgt 0,7 μ.

Was die Änderungen, die in den älteren Wurzeln und in den Rindenschichten vor sich gehen, anbelangt, so verhalten sich alle untersuchten Arten gleich. Die Rinde mit der Epidermis und einem Teil der Wurzelhaare bleibt relativ lange erhalten, allerdings in abgestorbenem Zustande und lediglich als Mantel um den Zentralzylinder. Zu dieser Funktion macht sie die vorher erwähnte Verholzung der

Digitized by Google

Innenlamelle geeignet, neben der Verholzung findet sich bei einigen Exemplaren, z. B. denen vom Volkenberg, diese Lamelle verkorkt. Die Verkorkung fand ich nun nicht regelmässig an bestimmten Stellen des Querschnittes beginnend; meistens allerdings zeigt die Aussenrinde die verkorkte Lamelle, zuweilen aber sah ich die äusserste Schicht der Innenrinde verkorkt erscheinen. Die Verkorkung setzte sich dann auch noch auf die nächst anliegende Zelllage nach innen fort. — Bei alten Wurzeln war die ganze Rinde bis auf die Endodermis zerstört. Das Zerstörungswerk in der Rinde geht in der Weise vor sich, dass eine Rindenschicht nach der anderen gleichsam abblättert. Die Endodermis übernimmt dann die Funktion des Schutzes nach aussen.

Die Auflagerung der Tertiärschichten in der Endodermis findet bei Melica in auffallender Weise statt. Diese werden in Form von zwei Mondsicheln auf die beiden Tangentialwände geschichtet; die Radialwände erscheinen dadurch in Form eines Doppelkeils. Die Endodermiszellen selber sind hexagonal, meistens etwas in tangentialer Richtung gestreckt. Die Tabelle gibt Aufschluss über die Grösse der Zellen und die Stärke der Wandverdickungen bei den verschiedenen untersuchten Exemplaren.

Standort	Grösse der Endodermis in		Wandverdickung auf der	
	radialer Richtung	tangentialer Richtung	äusseren Tangentialw.	inneren Tangentialw.
	μ	μ	μ	μ
Volkenberg zwischen Geröll	18,5	24	2,9	2,0
Retzbach auf Geröll	14	28	2,9	2,9
Steinberg auf Geröll	16	26	3,5	3,1
Saupürzel	16	24	3,0	2,9
Veitshöchheim in einer Weinbergmauer	17	23	2,6	2,52
Höhe 210 vor dem Gadheimer Wald auf Geröll	18	25	3,0	3
Botanischer Garten	22	25	3	3

Erwähnt war schon, dass die chemische Zusammensetzung der Verdickungsschichten bei Melica eine verschiedene auf der äusseren und inneren Tangentialwand ist. Die erstere ist kutinisiert, die

Digitized by Google

letztere verholzt. Zu der Funktion des Schutzes nach aussen tritt bei der Endodermis von Melica wenigstens bei denen, die auf dem Steinberg und bei Retzbach gewachsen sind, die nahrungsspeichernde hinzu. Die Zellen sind prall mit zahlreichen 1—2 μ grossen Stärkekörnchen erfüllt.

Bei Melica ciliata sind keine verdickten Rindenzellen vorhanden, die die Endodermis in ihrer schützenden Funktion unterstützen können, daher müssen zum Ersatz die peripheren Schichten des Zentralzylinders besonders stark verdickt werden. Das ist in der Tat der Fall bei den Perikambium- und den ihnen völlig gleichgestalteten anliegenden Zellen. Sind die Perikambiumzellen stark in radialer Richtung gestreckt, so erscheinen die tangentialen Wände stärker verdickt als die radialen, bei den meisten Perikambiumzellen und allen anliegenden Zellen ist die Verdickung eine gleichmässige und beträgt durchschnittlich 2,2—2,3 μ.

Auch die Siebteile und alle übrigen Leitzellen erscheinen bei alten Wurzeln stark verdickt und verholzt.

Die Anzahl der Zentralgefässe schwankt bei allen untersuchten Vertretern von Melica 8—10, ihre lichte Weite 25—28 μ.

Die schwächeren Nebenwurzeln I. Ordnung sowie die II. Ordnung zeigen einen übereinstimmenden Bau. Bei einer Nebenwurzel I. Ordnung, deren Durchmesser auf dem Querschnitte 0,23 mm, ist der Zentralzylinder 73,5 μ, die Rindenpartie dagegen 164,5 μ gross. Dies Überwiegen der Rindenzellen gegenüber dem Zentralzylinder habe ich bei allen Nebenwurzeln, auch den der übrigen untersuchten Gramineen, immer wieder gefunden.

Die Epidermiszellen sind in radialer Richtung gestreckt (radial = 14 μ, tangent = 12 μ) und zu zahlreichen Wurzelhaaren ausgewachsen. Die Rindenzellen sind ohne Interzellularen in Zickzackform angeordnet und in tangentialer Richtung gestreckt; sie erscheinen bei dem kleinen Wurzelumfang gross; in tangentialer Richtung messen sie 24,5, in radialer 17,5 μ. Ihre Wandstärke beträgt 0,8 μ; ihre chemische Struktur mit der Wurzel I. Ordnung übereinstimmend.

Die Endodermis bei Nebenwurzeln ist u-förmig verdickt; die Verdickungsschichten geben die Holzreaktion.

4 Protoxylemgefässe, die in Kreuzform angeordnet zu zweien hintereinander liegen, ohne Perikambium gleich an die Endodermis grenzen. Die lichte Weite der Gefässe beträgt 3,9 μ. Daneben noch zwei grössere Zentralgefässe, deren lichte Weite 20 μ beträgt. Das

Digitized by Google

ganze übrige Gewebe des Zentralzylinders wird von den Leitzellen eingenommen, die ihre Zellwände verholzen, aber wenig verdicken.

Koeleria cristata.

Während Melica, Sesleria stets Polster bilden, aus denen eine grössere Anzahl Halme emporwachsen, ist bei Koeleria dieser Rasenbusch klein. — Dem kurzen, ungegliederten Rhizom entspringen zahlreiche Wurzeln I. Ordnung, die am Wurzelhals einen Querschnitt von 0,85—1 mm haben. Der Querdurchmesser einer grösseren Nebenwurzel betrug an der Ursprungsstelle 0,38 m, an der feineren 0,2 mm; der einer Nebenwurzel II. Ordnung 0,09 μ. Die Nebenwurzeln I. Ordnung beginnen in einer Entfernung von 1,5 cm von der Spitze zu entspringen, bei den Nebenwurzeln I. Ordnung bei 1,2 cm Spitzenabstand entstehen die Nebenwurzeln II. Ordnung.

Epidermis schon abgehandelt.

Bei Koeleria haben wir bei der Rinde eine Aussen- und Innenrinde zu unterscheiden. Die Aussenrinde ist einschichtig, ihre Zellen penta- oder hexagonal mit scharf ausgezogenen Kanten und Ecken und so angeordnet, dass 2 Epidermiszellen auf eine Aussenrindenschicht treffen.

Ihr tangentialer Durchmesser schwankt zwischen 31—38 μ; ihr radialer zwischen 18—30 μ. Länge der Zellen 200 μ. Zwischen diesen grösseren Zellen sind einzelne kleinere eingelagert. Die Dicke der Zellwände variiert mit dem Standort. Im allgemeinen schwanken die Zahlen zwischen 0,7—1 μ. Zwei Lamellen bilden die Zellwand, beide erscheinen in ausgewachsenen Wurzeln verholzt.

Die Innenrinde besteht aus 4—6 Lagen von Zellen, die in radialen Reihen übereinander liegen. Bei einer Entfernung von 0,5 cm Spitzenabstand erscheinen sie im lückenlosen Verbande, strahlenförmig angeordnet. Bereits in einer Entfernung von 0,8 cm Spitzenabstand runden die Zellen ihre Ecken ab, nehmen kreisrunde bis elliptische Gestalt an, und es entstehen zwischen ihnen kleine Interzellularen. Gleichzeitig wird die strahlenförmige Anordnung der Zellen etwas verschoben und die Zellen erscheinen jetzt mehr in Zickzackform angeordnet. Der Durchmesser der Rindenzellen beträgt in tangentialer Richtung 31 μ, in radialer 18 μ; häufig sind aber auch die Zellen radial grösser als tangential, dann gelten die Zahlen umgekehrt. Die Länge der Rindenzellen schwankt zwischen 150—180 μ; die Querwände sind gerade gestellt und wie die Längswände mit zahlreichen

Digitized by Google

Tüpfeln versehen. Die Wandstärke der Rindenzellen beträgt durchschnittlich 0,8 μ. Nach innen zu nimmt der radiale Durchmesser der einzelnen Zellen ab, allmählich sinkt er bis auf 7 μ in der der Endodermis anliegenden Zellreihe. Der chemische Aufbau der Zellen ist bei denen der Innenrinde der gleiche wie bei der Aussenrinde. Verdickungsschichten werden in den an die Endodermis grenzenden 2—3 Rindenzelllagen aufgelagert, bestehend aus Holzstoffen, die die Phlorogluzinreaktion geben. Die Verdickungsschichten sind gleichmässig auf allen Wänden verteilt.

Alle Koeleriawurzeln zeigen in ihrem Jugendzustand den oben beschriebenen Bau mehr oder weniger genau, mögen sie gewachsen sein, wo sie wollen. Unterschiede treten zu Tage, wenn die Wurzeln älter werden, und sie zeigen dann je nach dem Standort verschiedene Ausbildung. Zunächst ändert sich das äussere Aussehen der Wurzel. Triebwurzeln sind mehr oder weniger weisslich, ältere gelb bis rotbraun. Die Substanz, die den Wurzeln das veränderte Aussehen gibt, wird in die innerste Lamellenschicht der Rindenzellen eingelagert. Diese Infiltration findet bei allen Rindenzellen bis zur Endodermis statt, die aber nur hellgelb gefärbt erscheint. Die infiltrierten Stoffe selber lassen sich aus den Membranen mit Eau de Javelle entfernen; es lag nahe bei ihnen, an Gerbstoff zu denken, doch blieben alle diesbezüglichen Reaktionen mit Ferrosulfat, Ferrichlorid, Kaliumbichromat aus.

Bei sämtlichen Koeleriaarten verlieren die Epidermiszellen ihre Turgeszenz, die Querwände erscheinen auf dem Querschnitt mehr oder weniger gewellt, häufig zusammengefaltet, wie der Balg einer Ziehharmonika. Meistens wird die ganze Epidermis abgeschilfert und nur einzelne Reste sind vorhanden. Nur bei einem Exemplar, das auf einer Wiese bei Thüngersheim gewachsen war, war die Epidermis fast durchgängig intakt. Auch die Rindenzellen sind bei Koeleriawurzeln im ältern Zustand tote Gewebe, die als deckende Mäntel den Zentralzylinder schützen; doch verhalten sich die einzelnen Rindenzellgewebe je nach dem Standorte der Pflanze verschieden. Vollkommen erhalten fand ich die Rinde bei dem eben genannten Wiesenexemplar und ferner bei einem, das in ein Felsritze auf den Retzbacher Kalkfelsen gewachsen war; hier betrug aber die Wandstärke der Rindenzellen 1,45 μ, während sie bei allen übrigen bloss 0,8 μ stark ist. Bei den übrigen Koelerias fingen in der dritten oder vierten Schicht über der Epidermis die vorhandenen Interzellularen an sich zu erweitern, einzelne Zellen werden dabei zerstört: es bilden

Digitized by Google

sich Lakunen; derartige Bilder zeigten mir Exemplare, die am Fusse und auf der Höhe des Volkenbergs, auf dem Saupürzel gewachsen waren. Bei der Lakunenbildung bleiben aber die meisten Koeleria nicht stehen. Die Lakunen werden grösser, der Auflösungsprozess greift um sich; drei bis vier Zelllagen nach innen werden in ihn hineingezogen, und es bleiben vereinzelt radiale Zellfäden — durchschnittlich sind es drei bis fünf — erhalten, die die Brücke zwischen den zwei äussern und den innern Zelllagen herstelleu, also ein Rindentypus, wie ihn *Klinge* als Typus IIa bezeichnet. Derartige Bilder gaben Koeleriapflanzen, die auf der Höhe 210 vor dem Gadheimerwald auf Geröll gewachsen waren. — In anderen Fällen wird selbst diese zarte Verbindung zwischen äussern und innern Rindenzellen zerstört, so dass der innere Teil von einer toten und nicht mehr mit ihm in Verbindung befindlichen Schicht begrenzt wird. Die Wurzeln stecken dann in dieser Hülle, wie das Bein in einer Hose, um einen trivialen Vergleich zu gebrauchen.

Die Anzahl der um den Zentralzylinder vorhandenen Zelllagen und die Stärke der Verdickungsschichten ergibt sich aus folgender Tabelle:

Standort	Zahl der verdickten Zellen	Grösse		Stärke der Verdickungsschicht
		radial	tangential	
		μ	μ	μ
Wiese bei Thüngersheim	3	1[1]) = 7	1 = 17	2,1
		2 = 11,5	2 = 18	2,1
		3 = 17	3 = 22	2,0
Botan. Garten	4	1 = 6	1 = 12	2,5
		2 = 7	2 = 13	2,5
		3 = 8	3 = 14,5	2,25
		7 = 9	4 = 16	2,25
Fuss des Volkenbergs	3	1 = 11,5	1 = 26	1 = 2,9
		2 = 14	2 = 30	2 = 2,9
		3 = 22	3 = 35	3 = 2,2
Höhe des Volkenbergs	2	1 = 14,5	1 = 22	1 = 3
		2 = 14,5	2 = 23	2 = 3
Höhe 210 vor Gadheim	2	1 = 14	1 = 18	1 = 3
		2 = 18	2 = 20	2 = 3

[1]) 1 bedeutet die der Epidermis anliegende Zelle, 2 und 3 die sich nach aussen anschliessenden.

Digitized by Google

Standort	Zahl der verdickten Zellen	Grösse		Stärke der Verdickungsschicht
		radial	tangential	
		μ	μ	μ
Steinberg	4	1 = 11	1 = 14	1 = 3,9
		2 = 11	2 = 15	2 = 3,9
		3 = 12,5	3 = 17	3 = 3,4
		4 = 15	4 = 21	4 = 2,9
Saupürzel	3	1 = 11,5	1 = 19	1 = 3,5
		2 = 11,5	2 = 20	2 = 2,91
		3 = 12	3 = 22	3 = 2,6
Retzbach	2	1 = 7	1 = 18	1 = 2
		2 = 10	2 = 24	2 = 2
Thüngersheim, auf Buntsandsteinfelsen	3	1 = 7	1 = 22	1 = 3,4
		2 = 10	2 = 24	2 = 3,4
		3 = 14	3 = 30	3 = 3

Die Endodermis ist bei allen Koeleriaarten u-förmig verdickt. Die Verdickungsschichten betragen folgende Werte:

Standort	Grösse der Endodermzellen		Verdickungsschichten		
	tangent.	radial	äussere Tangent.-Wand	innere Tangent.-Wand	Radialw.
	μ	μ	μ	μ	
Wiese bei Thüngersheim	17	16	1,4	6,0	keilförmig
Garten	15	14,5	1,45	4,5	„
Fuss Volkenberg	17,5	17,5	1,6	7	„
Höhe Volkenberg	18	16	1,6	6,5	„
Höhe 210	20	18	2	7,5	„
Steinberg	21	15	1,5	8	„
Saupürzel	18	18	1,8	7	„
Retzbach	19	17	1,4	7	„
Thüngersheim, auf Buntsandsteinfelsen	18	18	1,4	6	„

Der Zentralzylinder ist bei sämtlichen Koelerien gleich gebaut, sämtliche Teile desselben sind von den Perikambiumzellen angefangen bis zu den innersten Leitzellen stark verdickt. Die Weite und Anzahl der Zentralgefässe schwankt bei Koeleria in engen Grenzen.

Digitized by Google

Standort	Durchmesser des Central-zylinders mm	Anzahl der Centralgefässe	Lichte Weite der Gefässe μ
Wiese bei Thüngersheim	0,227	12	22
Botanischer Garten	0,27	15	18
Fuss Volkenberg	0,23	10	21
Höhe Volkenberg	0,23	10	25
Höhe 210	0,25	12	24,5
Steinberg	0,28	15	28
Saupürzel	0,245	10	30
Retzbach	0,29	13	28
Buntsandstein-Felsen bei Thüngersheim	0,22	14	22

Die Dicke, d. h. der Querdurchmesser einer Nebenwurzel beträgt bei Koeleria 0,245 mm; davon entfallen 0,17 mm auf die Rinde und 0,075 mm auf den Zentralzylinder; das Verhältnis der Rinde zum Zentralzylinder ist ungefähr 2:1. Die Epidermiszellen sind gross, in tangentialer Richtung 31 μ, in radialer 17,5 μ. Die Wandstärke beträgt aussen 1,45, innen 0,7 μ.

Die Anordnung der Rinde ist ausgesprochen zickzackförmig; die Rinde selber besteht aus vier Zelllagen; die ohne Interzellularen aneinander grenzen und von aussen nach innen an Grösse allmählich abnehmen. Die Form der einzelnen Zelle ist polygonal, in tangentialer Richtung gestreckt. Die Grösse der äussern Rindenzelle in radialer Richtung 30 μ, in tangentialer 36 μ, der der Endodermis anliegenden in radialer 7,5 μ, in tangentialer 22,5, dazwischen alle Übergänge. Die Zellwandstärke beträgt 0,9 μ, nur die der Endodermis anliegenden Zellen beträgt auf allen Seiten der Wand 1,7 μ. Chemische Struktur der Wände genau wie bei den Triebwurzeln.

Die Endodermis ist isodiametrisch gebaut und zeigt μ-förmige Verdickungsschichten. Die innere Wandverdickung beträgt 4 μ, die äussere 1 μ bei einem Durchmesser der Zelle von 16 μ. Im Zentralzylinder finden sich vier in Kreuzform angeordnete Protoxylemelemente, die einzeln durch eine oder keine Perikambiumschicht an seiner Peripherie angeordnet sind. Ihre lichte Weite beträgt 4,5 μ. In der Mitte liegt noch ein grösseres Zentralgefäss, dessen lichte Weite

Digitized by Google

18 μ beträgt. Die Siebelemente sind durch relative Grösse in den Nebenwurzeln von Koeleria auffallend und bestehen aus fünf Zellen in der bekannten Anordnung. Die rhombische Zelle ist 4,5 μ, die Flankenzellen je 5 μ, die innerste Zelle 7 μ.

Leitzellen füllen den übrigen Teil des Zentralzylinders; ihre Durchschnittsgrösse beträgt bei gleichem tangentialen und radialen Durchmesser 11 μ. Ihre Wände sind 0,8 μ stark und geben Zelluloseraktion.

Phleum Böhmeri.

Phleum Böhmeri bildet kleine Rasenpolster, die sich auf den Kalkbergen häufig finden. Im Gegensatz zu den meisten untersuchten Gramineen bildet es relativ kurze Wurzeln, die am Wurzelhals 0,7—0,8 mm auf dem Querschnitt messen. Die Dicke der Nebenwurzeln erster Ordnung beträgt 0,1—0,3 mm, die 2-O sind haarförmig dünn, 0,08 mm dick. Die Epidermiszellen bleiben infolge der Verholzung der innern Lamelle relativ lange erhalten. Das Hypoderm wird bei Triebwurzeln erst in Entfernung von 12 cm von der Spitze fertig ausgebildet, bei älteren Haftwurzeln fand ich es schon im Abstand 3—5 cm im Sekundärzustand.

Die Aussenrinde besteht aus zwei interstitienlos aneinanderliegender Reihen polygonaler Zellen; durchschnittlich sind sie gleich gross, in radialer Richtung 24,5 μ, in tangentialer 25 μ. Die Wandstärke bei Triebwurzeln 10—12 cm, von der Spitze auf den Radialwänden 1 μ, auf den Tangentialwänden 1,4 μ. Die Wände erscheinen verholzt; sie färben Phloroglucin und HCl rot, Anilinhydrochlorat gelb, bei ganz alten Wurzeln erscheinen sie sogar verkorkt und man kann folgende Schichtungen an denselben erkennen: Eine zwei Zellen gemeinsame verholzte Zone 0,3 μ stark, dann die verkorkte Lamelle 0,5 dick und schliesslich die innerste, ebenfalls verholzte Schicht, 0,5 μ stark. Die Länge der Aussenrindenzellen beträgt durchschnittlich 245 μ.

Die Innenrinde besteht aus 8—9 Reihen von Zellen, die 3—4 innern genau radial strahlenförmig angeordnet, die äussern durch Streckung, radiale Teilung aus der strahlenförmigen Anordnung mehr oder weniger verschoben. Die Grösse der Zellen nimmt von aussen nach innen durch 2—3 Zelllagen hindurch zu, fällt aber dann wieder, so dass die Zellen, die der Endodermis anliegen, als die kleinsten erscheinen. Interzellularen in der Gestalt kleiner Dreiecke

Digitized by Google

finden sich zwischen drei zusammenstossenden Zellen, nur die beiden der Endodermis angrenzenden sind frei davon. Die beiden zuweilen, die sich nach aussen noch anschliessende, unterscheiden sich ausserdem noch von den übrigen neben ihrer geringen Grösse durch die Stärke der Wände. Während diese durchschnittlich 0,9 μ dicke Wände besitzen, beträgt die Wandstärke bei jenen durchschnittlich 2 μ. Bei 6,5 cm Spitzenabstend erscheinen die Wände sämtlich mit Chlorzinkjod violett, später verholzt. Ausserdem wird in innern Lamellen ein brauner Stoff eingelagert, der die Innenlamelle gelb färbt, die Phloroglucin reaction tritt aber trotz dieser Infiltration, wenn auch etwas verwaschen, ein. Wie verhält sich die Rinde bei alten Wurzeln? In der zweiten oder dritten Zellschicht lösen sich die Zellen von den übrigen los, sie verschwinden. Der Zentralzylinder mit den innern Rindenzellen bildet gleichsam eine Insel, die von der Aussenrinde und Hypodermis umgeben wird, getrennt aber durch einen Hohlraum. Bei dem aussen liegenden Gewebe werden die Wände mehr oder weniger zusammengepresst, doch bleiben sie als toter Mantel erhalten. Die Schleimmasse, die sich von der Epidermis aussen befindet, verklebt sich mit den Bodenteilchen zu einer festen Röhre, die den Zentralzylinder luftdicht nach aussen abschliesst. Die Zellen der innern Rinde gehen allmählich verloren, sie blättern sozusagen langsam ab, eine nach der andern, bis auf die Endodermis. Die Endodermis zeigt bei ältern Wurzeln schon bei 2 cm Spitzenabstand der Tertiärzustand, bei Triebwurzeln war er sehr bei den einzelnen verschieden spät ausgebildet. Im Tertiärzustand beträgt die Wandstärke von allen Wänden gleichmästig 4,5 μ. Die Tertiärschichten färben sich mit Phloroglucin nur schwach rosa, so erscheinen sie stark lichtbrechend. Die Länge der Zellen beträgt durchschnittlich 157 μ; die Querwände auf dem Längsschnitt erscheinen schräg gestellt. Auf dem Querschnitt messen die Zellen der Endodermis radial = 17 μ, tangential 18 μ.

Der Zentralzylinder zeigt nichts Auffallendes bei Phleum. Bei den Perikambiumschichten, deren Wände sich durch grosses Lichtbrechungsvermögen auszeichnen, betragen die Verdickungsschichten auf den Radialwänden bloss 1,45 μ, auf den Tangentialwänden durchschnittlich 2,5 μ.

Die Anzahl der Zentralgefässe schwankt bei den verschiedenen Exemplaren zwischen 12—15 μ, die lichte Weite derselben beträgt durchschnittlich 27 μ.

Digitized by Google

Die Leitzellen besitzen bei einer Grösse von 12—15 μ auf dem Querschnitte eine Wandstärke von 1,5 μ.

Die Nebenwurzel erster Ordnung besitzt am Wurzelhals einen Durchmesser von 0,4 mm. Die Epidermis ist wie bei der Triebwurzel gebaut, ein Hypoderm nicht vorhanden. Die Rinde besteht 4—5 Zelllagen polygonaler Zellen, die durchschnittlich gleich gross sind, in tangentialer Richtung etwas gestreckt und in Zickzackform angeordnet erscheinen. Zwischen den einzelnen Zellen sind kleine Interzellularen. Die einzelnen Zellen fallen durch ihre relative Grösse auf: im Mittel 35 μ radial, 29 μ tangential; nur die der Endodermis anliegende Zellschicht ist kleiner und abgeflacht, radial 10 μ, tangential 26 μ.

Die Wandstärke der Rindenzellen beträgt 0,9 μ; die der Endodermis anliegende Zellschicht besitzt eine solche von 1,7 μ. Alle Rindenzellen geben Zellulosereaktion.

Die Endodermis ist genau gebaut wie bei der Haftwurzel; auch im Zentralzylinder finden sich wenige Unterschiede. Das Protoxylem, das aus zwei gleichen Gefässen besteht, ist durch zwei auffallend kleine verdickte Zellen von der Endodermis getrennt. Anzahl der Protoxylemelemente 12; lichte Weite des einzelnen Gefässes 7—8 μ. Zwei Zentralgefässe, deren lichte Weite 18 μ beträgt, sind ausserdem vorhanden. Die Leitzellen füllen ausser dem Siebteil, der genau wie bei der Triebwurzel gebaut ist, den Zentralzylinder. Bei ältern Nebenwurzeln verdicken und verholzen auch sie.

Festuca ovina.

Dem perennierenden Rhizom, das nach oben kissenartige Rasenbüschel treibt, entspringt eine grosse Zahl durchschnittlich 25 cm langer Haftwurzeln. Dieselben sind dünn und messen am Wurzelhals nach Verlust der Rinde durchschnittlich 0,270 mm, mit Rinde 0,595 mm. Den Haftwurzeln entspringen sehr dünne, haarartige Nebenwurzeln, die an ihrer Ursprungstelle 0,175 mm dick sind und von denen zahllose 0,08 mm dicke Nebenwurzeln zweiter Ordnung abzweigen. Epi- und Hypoderm sind schon beschrieben.

Die Rinde besteht aus 6—7 mehr oder weniger strahlenförmig angeordneter Zellreihen, bei denen ein Unterschied zwischen Innen- und Aussenrinde nicht zu erkennen ist. Bis auf die zwei Zelllagen, die der Endodermis anliegen und abgeflacht erscheinen, sind die Zellen der Rinde von polygonaler Form mit kleinen drei-

Digitized by Google

eckigen und viereckigen Interzellularen zwischen sich. Die Durchschnittsgrösse beträgt radial 22,2 μ, tangential 26,64 μ. Die Wandstärke ist sehr gering, nämlich 0,5 μ. Nur die Zelllagen, die der Endodermis anliegen, erscheinen etwas verdickter. Vergleicht man die Stärke der Verdickungsschichten an Exemplaren von verschiedenen Standorten, so ergibt sich:

Standort	Anzahl der verdickten Zellen	Grösse der Zellen		Wandstärke	
		radial	tangential	äussere Tangentialwand	innere Tangentialwand
				μ	μ
Bot. Garten	1—2	entweder 1 grosse		1,2	1,2
		16 μ	17,4 μ		
		oder 2 kleine			
		8 μ	9 μ		
Mauerritze bei Erlabrunn	1—2	8 μ	9 μ	1,4	1,4
Ravensburg	2	1 = 7 μ	1 = 16 μ	1,6	1,6
		2 = 9 μ	2 = 18 μ		
Sandiger Wiesenabhang	2	1 = 7 μ	1 = 21 μ	1,5	1,5
		2 = 10 μ	2 = 23 μ		

Die Zellen der Rinde besitzen wie immer im Jugendzustand die pektinhaltige Mittellamelle und die zellulosehaltige Innenlamelle. Beide verholzen und nehmen einen braunschwarzen Stoff in sich auf, der die Holzreaktion verschleiert. Bei alten Wurzeln ist die Epidermis abgeschilfert, die Rindenzellen werden von aussen nach innen zu komprimiert und bedecken als tote Hülle lange nach den Zentralzylinder, nur die ein bis zwei innersten verdickten Zellenlagen bleiben unversehrt erhalten. Das Exemplar von Festuca ovina, das auf einer Wiese gewachsen war, zeigte jedoch ein ganz anderes Verhalten. Hier trat zuerst Lakunenbildung ein und allmählich lösten sich Teile der Innenrinde bis auf radiale Zellstreifen auf, die die Zellen der Hypodermis und einer sich anschliessenden Zelllagen mit denen der verdickten Rindenschichten verband.

In einem Spitzenabstand von 1 cm ist bei Festuca der Tertiärzustand bei ausgewachsenen Wurzeln vollkommen ausgebildet. Die Zellen erscheinen u-förmig verdickt. Die Verdickungsschichten betragen:

Digitized by Google

Standort	Grösse der Endodermis		Dicke der tangentialen	
	radial	tangential	Innenwand	Aussenwand
	μ	μ	μ	μ
Botanischer Garten	16	16	4,2	1,4
Mauerritze bei Erlabrunn	15	18	7,5	1,5
Ravensburg	16	16	7,5	1,45
Sandige Wiese	16	16	6	1,5

Alle Elemente des Zentralzylinders erscheinen verdickt und verholzt und zeigen nichts Charakteristisches. Die Anzahl und Weite der Zentralgefässe ist aus der Tabelle ersichtlich.

Standort	Durchmesser der Zentralzylinder	Anzahl der Zentralgefässe	Weite derselben
	mm		μ
Botanischer Garten	0,220	7	18
Mauerritze	0,210	6	25,5
Ravensburg	0.194	6	18—20
Sandige Wiese	0,182	6	18

Bei den Nebenwurzeln erster und zweiter Ordnung fehlt die Hypodermis. Die Rindenzellen sind reduziert und in Zickzackform angeordnet. Bei der Nebenwurzel zweiter Ordnung waren es noch drei. Die einzelnen Zellen sind relativ gross und in tangentialer Richtung gestreckt, die der Endodermis anliegende ist abgeflacht. Im Alter trifft die Rinde dasselbe Los wie das [bei] der Haftwurzel.

Die Zellen der Endodermis sind u-förmig verdickt. Dicke der innern Tangentialwand 3,5 bei einer Grösse von 14,5 μ in tangentialer und 11,5 in radialer Richtung.

Drei Protoxylemelemente, deren lichte Weite 3,5 μ beträgt, erscheinen an der Peripherie des Zentralzylinders gleichmässig verteilt. Im Zentrum genau ein grösseres Gefäss, lichte Weite 7—8 μ. Die Leitzellen erscheinen auch in alten Wurzeln nicht verdickt, doch verholzt; ihre durchnittliche Grösse beträgt = 3,5—4 μ.

Aira flexuosa.

Das untersuchte Material stammt aus Gemünden von einem sandigen Waldabhang des Buntsandsteins und aus dem botanischen

Digitized by Google

Garten. Unterschiede zwischen den Exemplaren konnte ich keine auffinden.

Dem langen, kriechenden, perennierenden Rhizom entspringen zahlreiche Wurzelpaare meist in Dreizahl. Die einzelne Wurzel ist mit der braun-schwarzen Kruste der toten Rinde bedeckt. Der Durchmesser einer solchen Wurzel mit Kruste beträgt 0,30 mm, des Zentralzylinders allein 0,180 mm.

Die Seitenwurzeln erster Ordnung sind schon sehr fein, ihre Querschnittsgrösse 0,25 mm mit Rinde. Die Nebenwurzeln zweiter Ordnung messen im Querschnitt an ihrer Ursprungsstelle 0.09—0,14 mm.

Die Verzweigung bei Triebwurzeln beginnt im Abstande von 5,5 cm, bei Seitenwurzeln etwa bei 1,5 cm Spitzenabstand.

Epidermis und Hypodermis sind schon im allgemeinen Teil abgehandelt.

Die Rinde ist einheitlich und besteht aus fünf Reihen polygonaler Zellen, die in tangentialer Richtung gestreckt sind und von aussen nach innen an Grösse abnehmen. Die beiden Zelllagen, die der Endodermis anliegen, erscheinen abgeflacht, interstitienlos, während zwischen den übrigen Rindenzellen Interzellularen von dreieckiger Querschnittsform sich befinden. Die Anordnung der Rindenzellen ist im Jugendzustand mehr oder weniger strahlenförmig, bei 5 cm Spitzenabstand sind die Zellen etwas aus ihrer Lage verschoben und erscheinen halb strahlen- halb zickzackförmig angeordnet. Die Wände der Rindenzellen sind dünn, 0,6 – 0,7 μ stark, und bestehen wie immer aus der pektinhaltigen Mittellamelle und der Innenlamelle aus Zellulose; beide verholzen nach einiger Zeit und gleichzeitig nehmen sie einen braunen Stoff auf, der die Holzreaktion nur schwach noch erkennen lässt.

Verdickt von der Rinde wird bloss die der Endodermis anliegende Zellschicht; die Wandstärke beträgt hier auf allen Wänden 1,5—2 μ bei einer durchschnittlichen Zellgrösse von 7 μ in radialer und 15 μ in tangentialer Richtung. Die Rinde bleibt bei Aira bloss beschränkte Zeit erhalten. Der Zerstörungsprozess setzt gewöhnlich in der dritten Zelllage über der Endodermis ein, hier werden etliche Zellen zusammengepresst und verschwinden. Wie nun eine Mauer, der man unten einen Stein wegnimmt, leicht zusammenbricht, ebenso stürzen hier die Zellen, die sich über den verschwundenen befinden, ein, werden dabei teilweise zerrissen, teilweise komprimiert. Ist aber erst an einer Stelle die Rinde defekt, so dauert es bis zum

Digitized by Google

völligen Verlust derselben nicht lange; die braunen Zellfetzen liegen der Rinde noch lange auf.

Die Endodermis erscheint u-förmig verdickt, die Dicke der innern Tangentialwand beträgt am Wurzelhals älterer Wurzeln 7,5 μ, die des äussern 1,5 μ. Die Grösse der Endodermiszellen beträgt auf dem Querschnitt in radialer und tangentialer Richtung 18 μ; ihre Länge auf dem Längsschnitt 140 μ. Der Tertiärzustand beginnt bei den untersuchten Triebwurzeln durchgängig bei 2,8—3 cm Spitzenabstand, bei ältern Haftwurzeln bei 1 cm.

Die Perikambiumzellen, die wie früher erwähnt durchschnittlich gleich sind (22 μ radial und tangential), werden zuweilen von den Protoxylemzellen durchbrochen. Die einzelnen Zellen des Perikambiums verdicken und verholzen auch ihre Wände, doch weichen sie dabei etwas von den übrigen Gramineen ab. Zuerst werden auch hier die Zellen vor dem Siebteil verdickt, nach ganz geraumer Weile erst auch die übrigen, so dass erst bei ältern Wurzeln am Wurzelhals der Ring dieser Perikambiumzellen einförmig verdickt erscheint.

5—6 Zentralgefässe, deren lichte Weite zirka 30 μ beträgt, sind vorhanden. Leitzellen füllen auch bei Aira den grössten Teil des Zentralzylinders aus, doch sind sie, namentlich die der Mitte, durch ihr relativ grosses Lumen auffallend; bei isodiametrialer Form beträgt ihr Querdurchmesser 12 μ; ihre Wandstärke beträgt selbst bei ältern Wurzeln bis 1,5 μ. Ihrem chemischen Aufbau nach bestehen sie aus Holzstoffen und färben sich mit Phlorogluzin und Salzsäure rot.

Die Nebenwurzeln erster Ordnung unterscheiden sich von den eben beschriebenen Haftwurzeln durch das Fehlen der Hypodermis und der Interzellularen der Rinde, sonst sind sie das verkleinerte Bild der Triebwurzel.

Nebenwurzeln zweiter Ordnung zeichnen sich durch die Grösse der Rinde als solcher gegenüber dem Zentralzylinder sowie auch durch die der einzelnen Rindenzellen aus. Die Grösse des ganzen Querdurchmessers eines Querschnitts beträgt 0,12 mm, davon kommen auf den Zentralzylinder bloss 35 μ, der Rest auf die Rinde. Die einzelnen Rindenzellen sind in Zickzackform lückenlos angeordnet und erscheinen durchschnittlich gleich gross; ihr radialer Durchmesser 11,5 μ, ihr tangentialer = 30 μ; ihre Wandstärke 0,7 μ. Die Endodermis besteht ebenfalls aus u-förmig verdickten Zellen; die innere Wandstärke beträgt 1,5—2 μ, die äussere 0,8—1 μ.

Digitized by Google

Vier Protoxylemelemente sind an der Peripherie des Zentralzylinders angeordnet, direkt an die Endodermis stossend, deren lichte Weite 4 μ beträgt. Ein Zentralgefäss von 5 μ Durchmesser befindet sich in der Mitte des Zentralzylinders, der im übrigen von unverdickten Leitzellen ausgefüllt ist.

Andropogon Ischaemune.

Andropogon ist in der Flora von Würzburg eine seltene Erscheinung; ich fand sie nur auf sandigem Kalkboden an einem kleinen Abhang der Chaussee Stetten-Karlstadt. Untersucht wurden ausserdem Exemplare, die im botanischen Garten gewachsen waren. Unterschiede zwischen beiden Pflanzen waren so gut wie nicht vorhanden.

Das kurzästige und kurzgliedrige Rhizom sendet relativ wenig, dafür aber stark entwickelte Haftwurzeln. Der Querdurchmesser am Wurzelhals betrug 1,2 mm; der einer Nebenwurzel I. Ordnung 0,405, II. Ordnung 0,12 mm.

Die Epidermiszellen sind bei Andropogon klein (tangential = 14, radial = 17 μ). Dass die Wände derselben verholzen, wurde schon erwähnt. Die Hypodermis ist bis 1,1 cm Spitzenabstand im Primär-, bei 2,8 cm Spitzenabstand vollkommen im Sekundärzustand ausgebildet.

Die Aussenrinde besteht bei Andropogon aus durchschnittlich zwei Zelllagen; die Zellen derselben sind isodiametrisch, polygonal in Zickzackform angeordnet auf dem Querschnitt. Sie geben ganz jung Zellulosereaktion, verholzen aber schon bei 0,6 cm Spitzenabstand, lagern dann eine Zelluloselamelle wieder auf, die abermals durch Einlagerung von Holzstoffen verändert wird. Die Wanddicke der Aussenrindenzellen beträgt bei 1,6 cm Spitzenabstand 3,5 μ auf dem Querschnitt, bei alten Wurzeln sind ihre Wände fast bis zum Schwur des Lumens verdickt. Die einzelne Aussenrindenzelle ist durchschnittlich 15 μ auf dem Querschnitte gross, ihre Länge beträgt 90 μ. Die Querwände erscheinen auf dem Längsschnitte gerade gestellt.

Bei der Innenrinde von Andropogon lässt sich eine äussere und innere unterscheiden. Die ganze Innenrinde besteht aus durchschnittlich 10 Zelllagen, die in Form von konzentrische nKreisen angeordnet sind. Während die Zellen der inneren Innenrinde alle gleich gross und genau radienförmig angeordnet erscheinen, lassen die der äusseren Innenrinde ihre ursprüngliche Anordnung nicht mehr deutlich er-

Digitized by Google

kennen. Durch ungleiches Wachstum einzelner Zellen sowie durch neue eintretende Radialteilung erscheinen sie verschoben aus der ursprünglich strahligen Anordnung. Im Jugendzustand sind die Zellen der Innenrinde polyedrisch, bald aber runden sie sich ab, indem ein Teil der gemeinsamen Mittellamelle gespalten wird, und es entstehen manchmal schon relativ grosse Interzellularen, die zuerst in der an die Aussenrinde stossende Zellschicht beginnen und nach innen zu fortschreiten. Schon 0,6 cm hinter der Spitze fanden sich zahlreiche Interzellularräume; wenn man sich vergegenwärtigt, dass diese stets doch im Dienste der Atmung stehen, dass das Wachstum in dem angegebenen Spitzenabstand noch gross ist, infolgedessen ein gesteigerter Sauerstoffverbrauch stattfindet, die Luftzufuhr durch die sich verdickende Aussenrinde herabgesetzt wird, so ist das frühzeitige Auftreten der Interzellularen verständlich. — Die Interzellularen werden mit dem Alter der Pflanze grösser, es treten Zerrungen, Reissungen ein, auch werden einzelne Zellen aufgelöst, übrig bleibt ein Gebilde der Rinde, das dem Klingeschen Typus II A entspricht.

Die Grösse der äusseren Rindenzellen, solange sie noch vollkommen erhalten sind, ist verschieden. Die Zellen, die der Aussenrinde anliegen, sind am kleinsten (tangentialer Durchmesser 30 μ, radialer = 28 μ).

In der vierten Zellreihe haben sie ihre grössten Durchmesser erreicht (tangential 56 μ, radial 35 μ), dann nimmt er allmählich nach innen wieder ab. Die Länge der äusseren Rindenzellen = 125 μ. Im Jugendzustand geben die Zellen alle Zellulosereaktion, später verholzen die, die als radienförmige Zellbänder erhalten bleiben, ihre Wände, während die übrigen unverholzt bleiben.

Die Zellen der inneren Innenwände bestehen aus zwei bis drei Zelllagen; die einzelne Zelle erscheint in tangentialer Richtung gestreckt und abgeflacht. Die beiden an die Endodermis sich anschliessenden Zelllagen sind genau gleich gross; ihr tangentialer Durchmesser beträgt 21 μ, ihr radialer 14 μ. Die sich nach aussen anschliessende Zellschicht vergrössert ihren tangentialen und radialen Durchmesser und bildet den Übergang zu den übrigen äusseren Rindenzellen. Interzellularen sind zwischen Endodermis und innerster Rindenschicht nicht vorhanden, wohl aber zwischen dieser und der sich anschliessenden Rindenschicht.

Die inneren Innenrindenzellen verdicken ihre Zellwände durch Holzeinlagerung und zwar auf den inneren Tangentialwänden am stärksten; hier beträgt die Dicke der inneren Tangentialwand an

Digitized by Google

beiden Zellen 1,4 μ, an der äusseren Tangentialwand 0,8 μ. Auf dem Längsschnitte erscheinen die inneren Rindenzellen 120 μ lang, die Querwände zwischen zwei Zellen sind schräg gestellt; auf radialen und tangentialen Wänden sind Tüpfel vorhanden.

Die Zellen der Endodermis erscheinen 4seitig; rechteckig auf dem Querschnitte und von genau gleicher Grösse; die einzelnen Zellen sind in tangentialer Richtung etwas gestreckt (tangential = 17,5 μ, radial 14,5 μ), die Länge 108 μ. Der Tertiärzustand der Endodermis beginnt schon bei 1,5 cm Spitzenabstand; die Tertiärschichten werden in ihrer Masse auf der inneren Tangentialwand aufgelagert, während die übrigen Wände dünn bleiben. Ursprünglich bestehen die aufgelagerten Schichten aus Zellulose, die später durch Einlagerung von Kieselsäure verändert erscheinen.

Auf diese merkwürdige Einlagerung hat schon *Klinge* aufmerksam gemacht. Nabelförmige Ausstülpungen oder Protuberanzen nennt sie *Klinge*, die mit ihrer Spitze zur unverdickten Aussenmembran gerichtet tief in das Lumen der Zellen hineinragen. Gewöhnlich fand ich 10—12 solcher Buckel in einer Zelle, die in einer, meistens aber in 2 Längsreihen parallel der Achse angeordnet waren.

Bei Andropogon werden im Zentralzylinder alle peripheren Elemente: Perikambium und die der anstossenden Zellschichte, wie früher erwähnt, stark verdickt. Die Anzahl der Zentralgefässe beträgt bei den beiden, an verschiedenen Standorten gewachsenen Exemplaren 10—12, deren lichte Weite 32—35 μ beträgt.

Von allen untersuchten Gramineen ist Andropogon Isch. durch den Besitz von typisch ausgebildetem Markgewebe ausgezeichnet. Die Zellen desselben sind polyedrisch, durch kleine Interzellularen voneinander getrennt und bedeutend grösser als die angrenzenden Leitzellen. Ihre durchschnittliche Grösse ist 18 μ auf dem Querschnitte. Mit Chlorzinkjod färben sie sich violett. Während die Exemplare, die im botanischen Garten gewachsen waren, stets auch in älteren Wurzeln die Zellulosereaktion bei den Markzellen ergaben, erschienen bei denen von Karlstadt dieselben verholzt. Die Wanddicke der Zellen beträgt in jüngeren Stadien 0,8—1 μ, in älteren steigt sie bis 2,4 μ. Gefüllt sind diese Markzellen prall mit Stärkekörnern. Die Körner sind zentrisch gebaut mit punktförmigem Zentrum oder auch mit einer einfachen bis dreistrahligen Kernspalte versehen. Sie werden bis 6 μ gross.

Die Nebenwurzel I. Ordnung ist genau gebaut wie die eben

Digitized by Google

beschriebene, dagegen ist die II. Ordnung etwas verändert, mehr oder weniger reduziert.

Ihnen fehlen vor allem das Hypoderm und die Aussenrinde. Die Rinde besteht aus vier Zelllagen polygonaler, etwas in tangentialer Richtung gestreckter, interstitienlos aneinanderliegender, zickzackförmig angeordneter Zellen, die durch ihre relative Grösse ausgezeichnet sind. Bis zur dritten Zelllage von aussen nach innen gerechnet nehmen sie an Grösse zu, die vierte der Endodermis anliegende Zelle ist kleiner und erscheint abgeflacht. Der tangentiale Durchmesser schwankt zwischen 30—40 μ, der radiale zwischen 18—28 μ. Die Wanddicke ist bei allen Rindenzellen die gleiche 0,8 μ.

Die Endodermiszellen erscheinen auf dem Querschnitt als Rechtecke; ihre Grösse beträgt radial 18 μ, tangential 30 μ. Die Wandstärke im Tertiärzustand 1,5 μ auf allen vier Wänden.

Der Zentralzylinder zeigt nichts besonders Charakteristisches; alle Elemente sind verdickt und durch ihr grosses Lichtbrechungsvermögen ausgezeichnet; die Verdickungsschichten geben Holzreaktion. Die Wanddicke der sämtlichen Elemente des Zentralzylinders beträgt 1,5 μ.

10 Protoxylemgefässe, deren lichte Weite 7,5 μ beträgt, sind vorhanden, von der Endodermis durch 2 Zelllagen, vom Siebteil durch eine Lage oblonger parenchymatischer Zellen getrennt, ferner 1 grosses im Zentrum befindliches Zentralgefäss, dessen lichte Weite 18 μ beträgt.

Markzellen sind bei den Nebenwurzeln II. Ordnung nicht mehr vorhanden, der freie Raum im Zentralzylinder wird von den Leitzellen, deren Grösse radial und tangential 7 μ beträgt, eingenommen.

Brachypodium pinnatum.

Bei allen bisher untersuchten Gramineen fand sich ein kurzes Rhizom, bei Brachypodium ist dasselbe queckenartig kriechend, gegliedert. Den einzelnen Knoten entspringen stets die Wurzeln in der Dreizahl. Einzelne Exemplare sind durch den Dimorphismus ihrer Wurzeln ausgezeichnet: Einige längere mit zahlreichen Nebenwurzeln, andere kürzere, die sich in Büschel von feinsten Saugwürzelchen auflösen. Der Querdurchmesser der Haftwurzeln beträgt am Wurzelhals 0,805 mm; der Nebenwurzeln I. Ordnung 0,357 mm, der II. Ordnung 0,147 mm. Bei den Triebwurzeln beginnt die Verzweigung 6 cm,

Digitized by Google

bei älteren Haftwurzeln 1,5—2 cm, bei Nebenwurzeln 1,4 cm von der Spitze. Auf die eigentümlichen und auffallenden Standorts- und Bodenverhältnisse von Brachypodium hat *Kraus*[1]) schon aufmerksam gemacht; in seinem „Anemometrisches vom Krainberg" S. 23 und 24 findet sich die Angabe, dass die Stellen, von denen Brachypodium Besitz nimmt, flache Mulden oder rinnenförmige Vertiefungen sind, die als windstille Punkte der Pflanze Schutz vor der austrocknenden Wirkung des Windes gewähren und ferner, dass sie auf kalkarmen Inseln innerhalb des gewöhnlichen Kalkbodens lebt, Inseln, die in unmerkbaren Senkungen sich finden und die durch Schlemmung des natürlichen Kalkbodens bei starken Regengüssen erzeugt werden (S. 24).

Bei relativ grossem Umfang der Wurzel sind die Epidermiszellen klein, um so grösser erscheinen daher die Rindenzellen. Die Zellen der Aussenrinde, die eine Zelllage stark ist, stehen in lückenlosem Verbande und sind so angeordnet, dass 3—4 Epidermiszellen auf 2 Rindenzellen stossen. Zwischen den grossen Rindenzellen sind einige kleinere eingestreut, die gewöhnlich isodiametrisch gestaltet sind. Der tangentiale Durchmesser der Aussenrinde beträgt 32,4 μ, der radiale = 14,8 μ. Die Länge der Aussenrinde 105 μ. Die Dicke der Wände 0,7—0,8 μ. Die Querwände erscheinen auf dem Querschnitt bald gerade, bald schräg gestellt; Tüpfel sind auf Längs- und Querwänden vorhanden. Die Lamellenstruktur setzt sich aus einer Mittellamelle, die Zwickel zwischen den einzelnen Zellen bildet und Holzreaktion zeigt und einer inneren Lamelle, die bei Triebwurzeln bis zu 6 cm Spitzenabstand Zellulosereaktion gibt, darüber hinaus aber verholzt oder verkorkt erscheint, zusammen. Die Innenrinde besteht aus fünf Zelllagen, die in Zickzackform angeordnet erscheinen. Die Zellen, die der Aussenrinde anliegen, sind noch mehr oder weniger polygonal, isodiametrisch, die weiter nach innen sich anschliessenden rundlichen immer etwas in tangentialer Richtung gestreckt; ihr tangentialer Durchmesser schwankt zwischen 31 und 40 μ, der radiale beträgt durchschnittlich 15 μ. Die Zellwanddicke ist 0,8 μ. Bis 4 cm von der Spitze geben die Zellwände Zellulosereaktion, darüber hinaus beginnen einzelne Holzstoffe einzulagern. Die Länge der Innenrinde beträgt 87,5 μ. Die Querwände sind auf dem Längsschnitte gerade gestellt, und reiche Tüpfelung macht sich auf allen Wänden bemerkbar.

[1]) *Kraus*, Anemometrisches vom Krainberg.

Digitized by Google

Abweichend von dem eben Geschilderten verhalten sich die ein oder zwei Lagen der der Endodermis anliegenden Zellen. Zunächst liegen die innersten 2 oder 3 Zellreihen genau radial hintereinander dann sind sie kleiner und besitzen eine mehr abgeflachte Form als die übrigen Rindenzellen. Ausserdem legen sie starke Verdickungsschichten und zwar exzentrisch gelagerte in ihrer Innenseite auf. Schon in einer Entfernung von 1 cm von der Wurzelspitze haben sich ihre inneren Tangentialwände stark verdickt, während die äusseren schwächer bleiben, die Radialwände erscheinen daher keilförmig. Die stoffliche Zusammensetzung der Wände ist am leichtesten am Gang der Entwickelungsgeschichte dieser Verdickungsschichten zu sehen. Gleich über der Wurzelspitze zeigen die Wände schwache Zellulosereaktion, sehr früh schon in Entfernung von 0,5 cm von der Spitze sieht man deutlich bei ihnen die Phlorogluzinreaktion eintreten. Auf dieser verholzten Lamelle befindet sich eine Zelluloselamelle, die aber auch sehr bald verholzt. Die Auflagerung von Stoffen nimmt nun seinen Fortgang; stets werden Zelluloselamellen aufgelagert, die später verholzen. — Die Zellen der inneren Rinde, die an die Endodermis grenzen, sind zuweilen von ungleicher Grösse, z. B. bei dem Exemplar, das im hiesigen botanischen Garten gewachsen war. Offenbar haben sich hier einzelne Zellen durch später auftretende Tangentialwände noch gekammert.

Eine Vergleichung der innern Rindenzellen und den ihnen aufliegenden Verdickungsschichten bei Pflanzen, die an verschiedenen Plätzen gewachsen sind, gibt beifolgende Tabelle:

Standort	Anzahl der vorhandenen Verdickungszellenreihen	Grösse der Zellen		Wandstärke	
		radialer	tangent.	äussere	innere
		Durchmesser		Tangentialwand	
		μ	μ	μ	μ
Fuss Volkenberg	2	1 = 9	1 = 18	1 = 1,5	1 = 4,2
		2 = 12	2 = 21	2 = 1,5	2 = 3,5
vor Höhe Gadheim. Wald	1	14	23	1,4	4
Saupürzel	2	1 = 9	1 = 17	1 = 2	1 = 6
		2 = 16	2 = 23	2 = 1,6	2 = 4
Ravensburg	2	1 = 9	1 = 18,8	1 = 2	1 = 2
		2 = 9	2 = 21	2 = 1,5	2 = 1,5
Steinberg	2	1 = 8	1 = 18	1 = 1,6	1 = 4
Botan. Garten		1 = 10	2 = 24	2 = 1,5	2 = 3,5

Digitized by Google

Mit dem Alter der Wurzeln treten naturgemäss auch in der äussern Innenrinde Änderungen ein. Schon die Farbe derselben ändert sich; die jungen Triebwurzeln erscheinen weiss, die alten gelb bis braun. Im Abstand von 5 cm geht die Epidermis verloren und die äussere Rindenschicht grenzt die Wurzel nach aussen ab. Die Rinde bleibt nun bei zahlreichen Exemplaren vollkommen erhalten und alle Zellen erscheinen verholzt, z. B. bei Vertretern vom Saupürzel. Bei Brachypodium von der Ravensburg war in den innern Rindenschichten Lakunenbildung eingetreten, bei dem Gadheimerexemplar waren nur noch einige Zellbänder zwischen Aussen- und Innenrinde erhalten; hier zeigten die vorhandenen Zellbänder Holzreaktion, während die Residua der kollabierten Zellen Zellusosereaktion gaben. Bei den Exemplaren vom Steinberg ist die Rinde bis auf die verdickte innere Rinde verschwunden.

Die Endodermiszellen sind gewöhnlich 4-seitig, alle vier Seiten gleich. Längsdurchmesser 70 μ. Die Querwände sind gerade. Zahlreiche Tüpfel auf allen Wänden. Der Primärzustand der Endodermis dauert bei ausgewachsenen Wurzeln bis 0,8 cm über der Spitze. Sekundär- und Tertiärzustand folgen unmittelbar aufeinander. Die Grösse der Verdickungsschicht ist aus folgenden Zahlen ersichtlich:

Standort	Grösse der Endodermzellen		Wandstärke		
	radial	tangent.	äussere Tangentialw.	innere Tangentialw.	Radialwand
	μ	μ	μ	μ	μ
Volkenberg	15,6	15	1,7	5	keilförmig
Gadheimer Wald	19	21	1,3	7	„
Saupürzel	14,5	13	1,4	5	„
Ravensberg					
Steinberg	16	17	1,5	7	„
Botan. Garten	14	15	1,5	6	„

Der ganze Zentralzylinder gibt bei dem untersuchten Brachypodium vertreten immer dasselbe Bild. Er besteht aus lückenlosen aneinanderliegenden Zellen, die ihre Wände alle verdicken, fast bis auf den Schwund des Lumens, namentlich in den peripherischen Partien. Die Anzahl und lichte Weite der Zentralgefässe wird ersichtlich aus folgender Tabelle:

Digitized by Google

Standort	Querdurchmesser des Zentralzylinders mm	Anzahl der Zentralgefässe	Lichte Weite derselben μ
Volkenberg	0,35	9	27 Wandstärke 3,5
Gadheimer Wald	0,294	6	30
Saupürzel	0,315	7	41 Wandstärke 3
Ravensburg	0,34	8	35
Steinberg	0,32	6	40
Botan. Garten	0,289	8	30

Die Nebenwurzeln erster Ordnung sind genau so gebaut, wie die eben beschriebene Triebwurzel, natürlich nur entsprechend kleiner. Der Querdurchmesser derselben beträgt 0,29 mm. Eine Aussen- und Innenrinde ist vorhanden. Letztere setzt sich aus fünf Reihen polygonaler, tangential gestreckter Zellen zusammen, die bloss in ganz alten Nebenwurzeln Interzellularen aufweisen, sonst interstitienlos aneinander gefügt erscheinen. Eine der Endodermis anliegende Rindenschicht zeigt die exzentrisch geschichteten Verdickungschichten. Diese sind genau so stark entwickelt, wie bei den Triebwurzeln — 7 μ stark.

Die Endodermzellen zeigen die u-förmige Verdickung; ihr Durchmesser in radialer und tangentialer Richtung beträgt 14,8 μ. Die Anlagerung der Sekundär- bezw. Tertiärschichten findet im Abstand von 1—1,2 cm von der Spitze statt.

Acht an der Peripherie des Zentralzylinders vorhandene Protoxylemzellen sind durch zwei Reihen von Perikambialzellen von der Endodermis getrennt. Ihre lichte Weite = 7 μ. Ausserdem zwei, manchmal drei grössere Zentralgefässe, deren lichte Weite 20 μ beträgt. Die Leitzellen, die isodiametrisch gestaltet durchschnittlich 7,5 μ gross sind, verholzen im Alter ihre Wände und verdicken sich bis 1,3 μ.

Der Durchmesser der Nebenwurzeln zweiter Ordnung beträgt am Wurzelhals 0,147 mm, der des zugehörigen Zentralzylinders 0,045 mm. Die Epidermiszellen der Nebenwurzeln zweiter Ordnung sind relativ klein und mit zahlreichen Wurzelhaaren versehen. Grösse: radial 9 μ, tangential 7 μ, Wandstärke und chemische Struktur wie immer. Die Rinde besteht aus drei Reihen polygonaler, in Zickzackform

Digitized by Google

angeordneter, von aussen nach innen an Grösse allmählich abnehmender Zellen. Ein Unterschied zwischen Aussen- und Innenrinde ist bei Nebenwurzeln zweiter Ordnung nicht mehr vorhanden. Auch fehlt die Verdickung der Zellwände bei den der Endodermis anliegenden Zellen. Alle Zellen der Rinde verholzen ihre Mittellamelle, während die Innenlamelle Zellulosreaktion gibt. Bei 1 cm Spitzenabstand ist die Endodermis mit der u-förmigen Verdickung als Schutzscheide ausgebildet. Im Zentralzylinder finden sich zwei bis drei Protoxylemgefässe, die direkt an die Endodermis stossen, deren lichte Weite 2–3 μ beträgt und ein grösseres Zentralgefäss mit 6 μ lichter Weite. Siebteil und Leitzellen wie immer gebaut, doch geben sie mit Chlorzinkjod stets Zellulosereaktion.

Molinia coerulea.

Haben wir bis jetzt Wurzeln von Gramineen betrachtet, die auf exquisit trockenem Boden gewachsen sind, so erscheint es vielleicht nicht uninteressant zum Vergleich eine Gramineenwurzel heranzuziehen, die auf feuchtem Waldboden im Schatten von hohem Laubholz gewachsen ist. Schon durch ihre äussere Form fällt die Wurzel von Molinia auf. Waren die Wurzeln der übrigen Gramineen relativ klein und dünn und krochen an der Oberfläche des Erdbodens hin, so besitzt Molinia feste, dicke Wurzeln, die senkrecht nach unten wachsen, die ein Meter und mehr lang werden. Am Wurzelhals betrug der Querdurchmesser 2—2,5 mm. Die Wurzel besitzt zahlreiche Nebenwurzeln, die im Abstande von 3—4 cm von der Spitze angelegt werden. Die Länge der Nebenwurzeln erster Ordnung beträgt bis 50 cm, ihr Querdurchmesser an der Ansatzstelle der Mutterwurzel 0,35–0,45 mm. 1 mm von der Spitze 0,05 mm.

Die Nebenwurzeln zweiter Ordnung besitzen durchschnittlich einen Querdurchmesser von 0,08–0,1 mm; sie lösen sich in ein Nest feiner Fasern auf. Äusserlich hat die Wurzel ein lederartiges Aussehen.

Die Form und Anordnung der Epidermiszellen ist die gleiche wie bei den übrigen Gramineen; die Zellen sind isodiametrisch; ihr radialer Durchmesser von einer Mittellamelle zur andern beträgt 20 μ, ihr tangentialer 22 μ. Die Länge 70—90 μ; diejenigen Zellen, die zu Haaren auswachsen, besitzen bloss eine Länge von 45 μ. Was die Wanddicke anbelangt, so ist die äussere Tangentialwand 3,2 μ, die innere bloss 1,4 μ dick. Die Lamellenstruktur ist die gleiche wie bei den übrigen.

Digitized by Google

Was die Anzahl der Wurzelhaare betrifft, so ist sie gross. Bei einem Wurzelumfang von 1,5 mm zählte ich auf einem Querschnitte, der 76 μ dick war, 120 Haare, so dass auf einen Millimeter des Umfangs 1580, auf einen Quadratmillimeter 325 Haare kommen. Die Länge der Wurzelhaare beträgt 150—175 μ, die Breite am Grunde 14 μ, an der Spitze 7 μ, die Wanddicke des Haares beträgt 12 μ; an der Spitze ist es massiv und 3—4 μ dick. Das Leben der Epidermiszellen ist nur von kurzer Dauer. Wenn sie zuweilen erhalten sind, so haben sie ihre innere Lamelle verholzt und dienen nicht mehr zur Nährstoffaufnahme, sondern nur noch als schützende Hülle.

Die Zellen des Hypoderm sind grösser als die Epidermiszellen, besonders in tangentialer Richtung. Bei hexagonaler Gestalt messen sie in radialer Richtung 20 μ, in tangentialer 31 μ. Die Wanddicke ist auf Radial- und Tangentialwänden gleich und beträgt bei 1 cm Spitzabstand 0,6 μ, später 1 μ. Die Länge dieser Zellen schwankt zwischen 150—180 μ. Die Querwände erscheinen auf dem Längsschnitt nur wenig schräg gestellt. Mit der Epidermis stehen im Jugendzustand durch zahlreiche Tüpfel diese Zellen in Verbindung. Die chemische Struktur der Zellwände ist im allgemeinen Teil dieser Arbeit abgehandelt. Rei 1 cm Spitzenabstand beginnt in einzelnen Zellen der Sekundärzustand und zwar wird die Suberinlamelle auf einzelnen, auf dem Querschnitt zerstreut liegenden Zellen aufgelagert; fortschreitend greift die Verkorkung immer mehr um sich, bis endlich in der Entfernung von 4 cm alle Zellen die Suberinschicht besitzen.

Die Aussenrinde besteht aus 4—5 Zelllagen. Die Zellen sind 4, 5 und mehreckig, bald grösser, bald kleiner, in Zickzackform angeordnet und lückenlos aneinanderliegend.

Der radiale Durchmesser beträgt 20—28 μ, der tangentiale 23—35 μ. Die Länge schwankt zwischen 120—250 μ. Längs- und Querwände sind mit zahlreichen, spaltenförmigen Tüpfeln versehen. Schon sehr früh bereits $^1/_2$ cm von der Spitze verdicken diese Zellen, deren Weite 0,7 μ dick sind, ihre Wand durch Einlagerung von Stoffen. Damit beginnen die innersten der Aussenrinde, und in zentrifugaler Folge schreitet die Verdickung fort, so dass die den Hypoderm anliegenden noch unverdickt sind, während die innersten Zellen schon einen soliden Mantel angelegt haben. Jung bestehen die Zellen der Aussenrinde aus Zellulose; da wo mehrere Zellen zusammenstossen, bilden die Lamellen hübsche Zwickel. Doch rasch verholzen

Digitized by Google

die Wände und geben die Phlorogluzinreaktion. Die aufgelagerten Schichten, die die Zellen fast bis zum Schwund der Lumens verdicken, bestehen aus Kutinstoffen. Von H_2SO_4 und Chromsäure werden sie nicht angegriffen, von konzentrierter erhitzter Kalilauge unter Bildung von gelben, in Wasser löslichen Kügelchen zersetzt.

Die Innenrinde besteht aus 10 Lagen konzentrisch angeordneter Zellen, die in radialen Reihen übereinander liegen. Im Jugendzustand sind die Zellen 4-seitig, rhombisch, später dehnen und strecken sich dieselben, namentlich in radialer Richtung und nehmen eine fast kreisrunde Form an. Bei der Dehnung entstehen grössere Interzellularen von fast quadratischer Form; nur die der Endodermis anliegende Zellschicht behält ihre ursprüngliche 4-seitige Form, doch auch hier entstehen kleine Interzellularen. Der Durchmesser der der Endodermis angrenzenden Schicht beträgt in radialer Richtung 21 μ, in tangentialer 23 μ. Der Querdurchmesser der übrigen Rindenzellen beträgt 35—91 μ in allen Übergängen, allmählich von aussen nach innen an Grösse abnehmend.

Die Länge der Rindenzellen schwankt zwischen 66,5 und 87 μ. Radiale und tangentiale Wände sind von zahlreichen Tüpfeln durchzogen. Die Wandstärke der ausgebildeten Rindenzellen bei etwa 2 cm Spitzenabstand beträgt 1 μ. Die Wand besteht aus Mittellamelle, die neben Zellulose Pektinstoffe enthält, und der innern dünnen Zelluloselamelle. Mit dem Alter der Zellen nimmt ihre Zelldicke zu; sie steigt bis 5 μ. Die aufgelagerten Schichten sind von feinen Tüpfelkanälen durchzogen. Mit Chlorzinkjod behandelt, bleiben die Verdickungsschichten farblos, erscheinen aber stark lichtbrechend; in konzentrierter H_2SO_4, lösen sich die Werte nach längerem Liegen auf.

In den Zellen der Innenrinde finden sich zahlreiche kleine Stärkekörnchen, die bis 3 μ gross sind; sie sind rund und ohne Schichtung, doch liegt im Zentrum ein Spalt.

Bei 8 cm Spitzenabstand erweitern sich in der 3.—4. Zelllage von aussen gerechnet die Spalten der Innenrinde. Es findet der Vorgang statt, wie ich ihn schon bei Stipa beschrieben habe und ein ausgesprochener Rindentypus II^a von *Klinge* bleibt übrig. In den Auflösungsprozess nicht hineinverwickelt werden die der Endodermis und der Aussenrinde anliegende Zellschicht.

Die Grösse der Endodermiszellen beträgt in radialer Richtung 20, in tangentialer 25,16 μ, die Länge 136 μ. Im Primärzustand beträgt die Wanddicke 0,6 μ. Bei 2 cm Spitzenabstand ist der

Digitized by Google

Sekundärzustand vollkommen ausgebildet und der Tertiärzustand beginnt. Bevorzugt werden in diesem die inneren Tangentialwände und ein Teil der Radialwände. Bei 5 cm Spitzenabstand beträgt die Wanddicke auf der inneren Wand 7 μ, auf der äusseren 3 μ. Betrachtet man ältere Stadien, so sind die Endodermiszellen bis zum Schwund des Lumens verdickt und nur ein schmaler Spalt zwischen den beiden Tangentialwänden bleibt übrig. Ihrer chemischen Natur nach bestehen die Verdickungsschichten aus Holzstoffen, die Phlorogluzin rot färben.

Die Perikambiumschicht umzieht den ganzen Zentralzylinder. Zwischen Endodermis und Perikambium befinden sich bei Molinia kleine Interzellularen. Die Zellen sind wie bei den anderen Gramineen ungleich gross. Die vor dem Xylemteil liegenden sind polygonal, isodiametrisch, 7 μ gross; die vor dem Siebteil liegenden gewöhnlich hexagonal und bedeutend grösser, 17,5 μ radial, 14 μ tangential. Die Länge beträgt durchschnittlich ca. 105 μ. Die Membranen sind auf dem ganzen Umfang des Perikambiums gleich, ihre Stärke beträgt 0,6 μ. Sobald die Endodermis ins Tertiärstadium tritt, verholzen auch die Wände des Perikambiums und verdicken sich dann bis zum Schwund des Lumens.

Die Anzahl der Protoxylemelemente beträgt durchschnittlich 24 Zellkomplexe. Die Zellen eines einzelnen Komplexes liegen teils hintereinander und bestehen dann aus einer kleineren und grösseren Zelle, teils nebeneinander; dann sind die Zellen gleich gross; häufig bildeten 3 – 4 Zellen teils neben-, teils hintereinander einen Zellkomplex. Der Durchmesser der kleineren Zellen beträgt 8,8 μ durchschnittlich, der der grösseren bis 21 μ. Die Wandstärke der Gefässe beträgt 2,9 μ.

Ausserdem sind noch zahlreiche Zentralgefässe im Innern des Zentralzylinders vorhanden; die lichte Weite derselben beträgt durchschnittlich 32 μ.

Vom Gefässteil durch eine Reihe parenchymatischer Zellen getrennt befindet sich der Siebteil, der in der gewöhnlichen Weise angeordnet erscheint.

Die kleineren Zellen des Siebteils sind isodiametrisch und durchschnittlich 8 μ gross, die grösseren 19 μ. Auf dem Längsschnitt war die Siebröhre 125 μ lang, die Siebplatte war gerade gestellt. Die übrigen Elemente des Siebteils bestanden aus englumigen Geleitzellen und parenchymatischen Elementen. Auch bei Molinia, wie schon *Klinge* erwähnt, verholzen die Siebelemente und verdicken ihre Wandung.

Digitized by Google

Das ganze Innere des Zentralzylinders, soweit es nicht von Phloem und Xylem eingenommen wird, wird von den Leitzellen ausgefüllt. Die Zellen sind ebenso gebaut wie bei den übrigen Gramineen; ihre lichte Weite ist jedoch grösser; sie beträgt durchschnittlich 24 μ. Der chemische Aufbau der Wandung ist genau wie früher angegeben wurde. Auch sie erscheint durch verholzte Stoffe stark verdickt.

Der Bau der Nebenwurzeln I. Ordnung ist hinsichtlich der Epidermis, Hypodermis und Rinde genau der gleiche wie bei der Haftwurzel. Nur ist das Verhältnis der Rinde zum Zentralzylinder etwas verschoben. Bei einem Querschnittsdurchmesser von 0,28 mm beträgt der Durchmesser des Zentralzylinders nur 0,065 mm. In einem Spitzenabstand von 2 cm ist die Nebenwurzel vollkommen ausgebildet, die Hypodermis verkorkt, die Aussenrindenzellen verdickt, die Endodermis hat mit der Auflagerung der Tertiärschichten begonnen. Im Zentralzylinder sind 6 Protoxylempaare im Kreise an der Peripherie geordnet, gewöhnlich liegen zwei hintereinander: ein kleineres vor einem grösseren. Bei den Nebenwurzeln treten häufig die Xylemelemente an die Endodermis heran, manchmal sind sie auch durch die Perikambiumschicht getrennt. Der Querdurchmesser der kleinen Protoxylemgefässe 6 μ, der grösseren durchschnittlich 14 μ. 2—5 Zentralgefässe sind vorhanden, deren lichte Weite 25 – 30 μ beträgt.

Leitzellen und Siebelemente wie bei Triebwurzeln. Bei den Nebenwurzeln II. Ordnung fehlt die Hypodermis.

Die Aussenrinde besteht aus einer Reihe lückenlos aneinanderliegender, polyedrischer, nicht verdickter Zellen, die Innenrinde aus drei Zelllagen von lückenlos aneinanderliegenden, polyedrischen in Zickzackform angeordneten Zellen, deren Wände dünnwandig sind 0,2 bis 0,4 μ. Ein Kollabieren in den Rindenzellen tritt nicht ein. Die Endodermis ist genau wie bei der Triebwurzel nur in verkleinertem Massstabe gebaut.

Von den Gefässen vorhanden ist ein grösseres Zentralgefäss im Zentrum liegend, 10,5 μ gross und mehrere kleine an der Peripherie angeordnet, deren lichte Weite 3 μ beträgt.

Vergleichen wir zum Schlusse noch die einzelnen Wurzeln und sieht, welche Merkmale den einzelnen Arten zukommen, so ergibt sich folgendes Bild:

Gemeinsam ist allen untersuchten Gramineen die mehr oder weniger starke Verdickung der Zellen und Gewebe im Zentralzylinder;

Digitized by Google

Unterschiede machen sich geltend in dem verschiedenen Verhalten der Rinde.

Sehr früh verloren geht die Rinde samt Epidermis bei Sesleria coerulea und Phleum Böhmeri. Während bei Phleum die ganze Rinde bis auf die Endodermis schwindet, bleiben bei Sesleria die 2—3 Schichten der inneren Rinde verdickt erhalten; die Verdickungsschichten erscheinen kutinisiert.

Etwas länger erhalten findet sich die Rinde bei Festuca ovina und Aira flexuosa. Doch ist bei alten Wurzeln die Rinde bis auf eine der Endodermis anliegende verdickte Zelllage geschwunden.

Bei Melica und Koeleria bleibt die Rinde lange erhalten; bei alten Wurzeln ist sie durchschnittlich verloren. Bei Koeleria finden sich 2—3 Zellreihen, die die Endodermis in ihrer Funktion als schützendes Gewebe unterstützen, bei Melica dagegen ist die ganze Rinde bis auf die Endodermis geschwunden. Die Aussenwand derselben erscheint kutinisiert, die übrigen Wände verholzt. Ein Persistieren der Rinde fand sich meistens bei Brachypodiumwurzeln. Auch hier sind 1—2 Zelllagen, die der Endodermis anliegen, verdickt.

Bei den bisher angeführten Gramineen ist der Unterschied zwischen Aussen- und Innenrinde nicht bedeutend; ein solcher tritt hervor bei Gramineen, bei denen die Rinde erhalten bleibt, bei Stipa pennata- und capillata-Wurzeln, bei Andropogon Isch., bei Molinia coerulea.

Hier findet sich eine aus 2—3 Zelllagen bestehende Aussenrindenschicht, die durch Form und Verdickungsart von den übrigen Rindenzellen stark abweicht. Bei Molinia erscheint sie kutinisiert, bei Stipa und Andropogon verholzt. Die äussere Innenrinde, die bedeutend mächtiger bei Molinia als bei den übrigen entwickelt ist, bleibt nur in radialen Zellstreifen erhalten, die die Verbindung zwischen Aussen- und innerer Innenrinde unterhalten. Im Alter werden auch diese zerrissen und der Zentralzylinder mit seinen nunmehr verdickten innern Innenrindenzellen steckt in der losen Röhre, die von der Aussenrinde gebildet wird.

Bei Molinia coerulea bleiben stets die radialen Verbindungsbrücken erhalten, erscheinen stark verdickt und dienen als Stärkespeicher für die nicht verwendeten Assimilate.

Aber nicht allein die einzelnen Arten der untersuchten Gramineen zeigen ein verschiedenes Verhalten in dem Bau und der Bildung der Wurzel, sondern — und das ist das Merkwürdige — es zeigen die Glieder derselben Spezies-Unterschiede, auf die ich bei

Digitized by Google

der Einzeldarstellung aufmerksam gemacht habe. Bald ist die Rinde stärker, bald schwächer entwickelt, bald bleibt sie lange erhalten, bald stirbt sie unter fast gleichen Wachstumbedingungen mit mancherlei Modifikationen rasch ab. Neben der Rinde verhält sich auch die Endodermis nnd das sie umgebende Festigungsgewebe recht verschieden dadurch, dass es bei den einzelnen Repräsentanten bald stark, bald schwach ausgebildet ist. Auch die Weite für die Gefässe und die Verdickung der den Zentralzylinder füllenden Zellen ist bei den einzelnen Pflanzen der gleichen Art sehr variabel. Welche Faktoren massgebend sind für die Ausbildung aller dieser Verschiedenheiten bei den einzelnen Pflanzenvertretern, von welchen Bedingungen das Entstehen der verschiedenen Gestaltungsverhältnissen abhängt — diese Fragen zu entscheiden, wird vielleicht der Morphologie oder Biologie der Zukunft gelingen. Ich begnüge mich zu konstatieren, dass die Behauptung von *Kraus* in den Sitzungsberichten der physikalisch-medizinischen Gesellschaft Würzburg „über spezifische Wurzelstrukturen“ durch meine Arbeit gestützt und bewiesen ist.

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 03942 8761

Digitized by Google

Digitized by Google